

# CONVERTER FOR ROTATIONAL SPEED VARIABLE OPERATION OF A CAPACITOR MOTOR AND METHOD FOR CONTROLLING A CAPACITOR MOTOR

Publication number: DE10231773

Also published as:

Publication date: 2004-02-19

WO2004008623 (A1)

Inventor: LUNGEANU FLORIN (DK)

AU2003236825 (A1)

Applicant: DANFOSS DRIVES AS GRAASTEN (DK)

Classification:

- International: H02P25/04; H02P25/02; (IPC1-7): H02P7/63;  
H02K17/08; H02M5/44; H02P1/44

- European: H02P25/04

Application number: DE20021031773 20020713

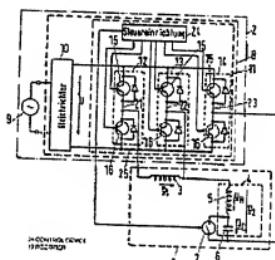
Priority number(s): DE20021031773 20020713

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10231773

Abstract of corresponding document: WO2004008623

The invention relates to a method for controlling a capacitor motor and to a converter (8) for rotational speed variable operation of a capacitor motor (1), said converter having a main winding (3) and an auxiliary circuit (4). The converter (8) supplies a first alternating current (U1) to the main winding (3) and a second alternating current (U2) to the auxiliary circuit (4), said alternating current having the frequency corresponding to the desired rotational speed. The converter (8) can be controlled in such a way that the alternating currents (U1, U2) applied to the main winding (3) and the auxiliary circuit (4) have a phase shift (PSI). When the operating frequencies surpass a frequency threshold value, the sign of said currents is opposite to the sign of the operating frequencies that are applied below the frequency threshold value.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 31 773.9

(51) Int Cl.<sup>7</sup> H02P 7/63

(22) Anmeldetag: 13.07.2002

H02M 5/44, H02P 1/44, H02K 17/08

(43) Offenlegungstag: 19.02.2004

(71) Anmelder:

Danfoss Drives A/S, Graasten, DK

(72) Erfinder:

Lungeanu, Florin, 6300 Graasten, DK

(74) Vertreter:

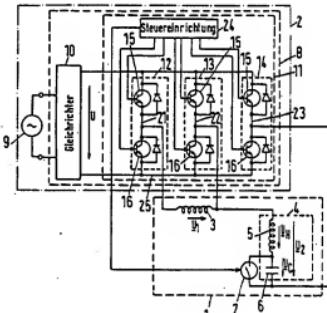
Patentanwälte Knoblauch und Knoblauch, 60322  
Frankfurt

Prüfsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingerichteten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Umrichter zum drehzahlvariablen Betreiben eines Kondensatormotors und Verfahren zum Steuern eines Kondensatormotors

(57) Zusammenfassung: Ein Umrichter (8) zum drehzahlvariablen Betreiben eines Kondensatormotors (1) enthält eine Hauptwicklung (3) und eine Hilfsschaltung (4). Letztere enthält eine Hilfswicklung (5) mit vorgeschaltetem Kondensator (6). Der Umrichter (8) führt der Hauptwicklung (3) eine erste Wechselspannung 11 und der Hilfsschaltung (4) eine zweite Wechselspannung 12 mit einer der gewünschten Drehzahl entsprechenden Frequenz zu. Um die durch die Änderung der Frequenz der Wechselspannungen bewirkte Änderung der Reaktanz des Kondensators (6) zur Erzielung eines möglichst günstigen Betriebsverhaltens und hohen Wirkungsgrades des Motors und/oder der durch ihn angetriebenen Last zu kompensieren, ist erfahrungsgemäß der Umrichter (8) derart steuerbar, daß die an der Hauptwicklung (3) und der Hilfsschaltung (4) liegenden Wechselspannungen 13 eine Phasenverschiebung ( $\Psi$ ) aufweisen, deren Vorzeichen bei Betriebsfrequenzen oberhalb eines Frequenz-Schwellwerts entgegengesetzt zu den bei unterhalb des Frequenz-Schwellwerts liegenden Betriebsfrequenzen ist. Bei einem Verfahren zum Steuern eines Kondensatormotors (1) dieser Art mittels einer Steuervorrichtung (2), die die erste und die zweite Wechselspannung 14 erzeugt, bewirkt die Steuervorrichtung erfahrungsgemäß (2) eine Phasenverschiebung ( $\Psi$ ) zwischen den beiden Wechselspannungen 15 in Abhängigkeit von der Frequenz der Wechselspannungen 16



### Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Umrichter zum drehzahlvariablen Betreiben eines Kondensator-motors, der eine Hauptwicklung und eine Hilfsschaltung aufweist, die eine Hilfswicklung mit vorgesetztem Kondensator aufweist, wobei der Umrichter der Hauptwicklung eine erste Wechselspannung und der Hilfsschaltung eine zweite Wechselspannung zuführt, die eine der gewünschten Drehzahl entsprechende Frequenz aufweisen, und auf ein Verfahren zum Steuern eines Kondensatormotors, der eine Hauptwicklung und eine Hilfsschaltung mit einer Hilfswicklung und einem zur Hilfswicklung in Reihe geschalteten Kondensator aufweist, mittels einer Steuervorrichtung, die der Hauptwicklung eine erste Wechselspannung und der Hilfsschaltung eine zweite Wechselspannung zuführt.

### Stand der Technik

[0002] Ein Umrichter und ein Verfahren dieser Art sind aus der US 6 121 749 bekannt. Dort bleibt der Kondensator im gesamten Drehzahlbereich stets eingeschaltet. Ferner bleiben die erste und zweite Wechselspannung stets in Phase. Wenn die Drehzahl unter den Nennwert abgesenkt werden soll, werden die Amplitude und Frequenz der ersten Wechselspannung an der Hauptwicklung verringert, während die Amplitude der zweiten Wechselspannung auf dem Maximalwert (etwa bei dem Wert der Netzwechselspannung) konstant gehalten wird. Dadurch soll der Anstieg des kapazitiven Widerstands des Kondensators bei niedrigen Drehzahlen ausgeglichen werden, um das Betriebsverhalten des Motors zu verbessern. Dadurch, daß der Kondensator eingeschaltet bleibt, wird vermieden, daß die zweite Spannung an der Hilfswicklung größer als die Netzwechselspannung gewählt werden muß. Gleichzeitig wird das Anlaufdrehmoment erhöht. Eine Drehrichtungsumkehr ist ebenfalls nicht möglich. Das Anlauf- oder Anlaufdrehmoment ist jedoch nicht hoch, wenn die zweite Spannung mit der ersten Spannung bei niedriger Frequenz in Phase gehalten wird. Das Drehmoment des Motors pulsiert, weil der durch die Hilfswicklung fließende Strom ansteigt, seine Phasenlage jedoch außer Kontrolle ist. Außerdem hat der Kondensatormotor bei niedrigen Drehzahlen einen schlechten Wirkungsgrad. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens tritt bei oberhalb der Nendrehzahl liegenden Drehzahlen auf, wenn beide Wechselspannungen auf den Nennwert begrenzt und in Phase bleiben müssen. Der Widerstand des Kondensators ist bei diesen hohen Drehzahlen (Frequenz) kleiner als bei der Nennfrequenz, und der durch die Hilfswicklung fließende Strom kann bei hohen Drehzahlen einen unzulässigen hohen Wert erreichen. Da die Phasenverschiebung der durch die Hauptwicklung und die Hilfswicklung fließenden Ströme auch hierbei außer Kontrolle ist, steigt das pulsierende Drehmoment direkt proportional zur Frequenz an, und das maximale kontinuierliche Drehmoment fällt oberhalb der Nendrehzahl stark ab.

### Aufgabenstellung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Umrichter und ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, bei denen der Einfluß des sich aufgrund der Frequenzänderung ändernden Widerstands (der Reaktanz) des Kondensators in der Hilfsschaltung auf das Betriebsverhalten des Kondensatormotors weitgehend ausgeglichen ist.

[0004] Erfahrungsgemäß ist diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Umrichter derart steuerbar ist, daß die an der Hauptwicklung und der Hilfsschaltung liegenden Wechselspannungen eine Phasenverschiebung gegenüber einander aufweisen, deren Vorzeichen bei Betriebsfrequenzen oberhalb eines Frequenz-Schwellwerts entgegengesetzt ist, da bei unterhalb des Frequenz-Schwellwerts liegenden Betriebsfrequenzen ist, und daß verfahrensmäßig die Steuervorrichtung eine Phasenverschiebung zwischen der ersten und der zweiten Wechselspannung in Abhängigkeit von der Frequenz der Wechselspannung bewirkt.

[0005] Bei dieser Lösung läßt sich die durch die frequenzabhängige Änderung des Widerstands des Kondensators in der Hilfsschaltung wirkende Änderung der Phasenverschiebung zwischen den Strömen in der Hauptwicklung und der Hilfsschaltung weitgehend rückgängig machen, so daß ihre Phasenverschiebung zumindest in der Nähe des bei der jeweiligen Drehzahl günstigsten Wertes bleibt, da die Ströme und die durch sie erzeugten magnetischen Felder das jeweilige Drehfeld maßgeblich beeinflussen. Der Frequenz-Schwellwert bestimmt hierbei, wann die Phasenverschiebung zwischen beiden Wechselspannungen ihr Vorzeichen ändert. Der Frequenz-Schwellwert ist ein praktisches Maß zum Beschreiben des Verlaufs der Phasenverschiebung  $\Psi$  in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$ .

[0006] Die beiden Wechselspannungen können bei dem Frequenz-Schwellwert in Phase sein. Dies wird bevorzugt, um einen kontinuierlichen Übergang von einem Vorzeichen zum Entgegengesetzten zu erreichen. Die Alternative wäre ein sprunghafter Übergang, z.B. von  $-15^\circ$  zu  $+15^\circ$ .

[0007] Eine optimale Phasenverschiebung  $\Psi$  der beiden Wechselspannungen im Hinblick auf einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Motors und/oder dessen Last kann bei Kenntnis der Motor- und/oder Last-Parameter erstellt werden, d.h. unter Verwendung eines Modells. So kann z.B. in einem System von Kondensatormotor

und Pumpe eine  $\Psi$ -f-Kennlinie vor Inbetriebnahme im Umrichter gespeichert werden, wodurch sichergestellt wird, daß während des Betriebs immer der optimale Wirkungsgrad benutzt wird. Es können mehrere Kennlinien für verschiedene Lasten gespeichert werden. Alternativ kann der Umrichter während des Betriebs, sozusagen in Echtzeit, die wirkungsgradoptimale Phasenverschiebung  $\Psi$  errechnen.

[0008] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Umrichters kann darin bestehen, daß er einem mit einer Gleichspannung betriebenen Wechselrichter mit drei parallel an der Gleichspannung liegenden Reihenschaltungen aufweist, die jeweils zwei in Reihe geschaltete, steuerbare Schaltelemente aufweisen, wobei zwischen den Verbindungen der Schaltelemente der ersten und der zweiten Reihenschaltung die erste Wechselspannung und zwischen den Verbindungen der Schaltelemente der zweiten und der dritten Reihenschaltung die zweite Wechselspannung abnehmbar ist, und daß der Wechselrichter eine Steuereinrichtung aufweist, durch die die Schaltelemente derart steuerbar sind, daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  der beiden Wechselspannungen in dem durch die Gleichung

$$|\Psi| \leq \arccos \left( \frac{m^2 + a^2 - 1}{2ma} \right)$$

bestimmten Bereich liegt, wobei  $m$  der Modulationsindex der ersten Wechselspannung und  $a$  der Modulationsindex der zweiten Wechselspannung ist und die Modulationsindizes jeweils das Verhältnis des Spitzenwertes der betreffenden Wechselspannung zur Betriebsgleichspannung des Wechselrichters darstellen. Auf diese Weise kann die Phasenverschiebung  $\Psi$  zwischen der ersten und der zweiten Wechselspannung mittels eines herkömmlichen impulsgetreuen Wechselrichters in Brückenschaltung, wie er üblicherweise für einen Drehphasen-Asynchronmotor verwendet wird, für den Kondensatormotor verwendet werden.

[0009] Wenn dann die Phasenverschiebung  $\Psi$  zwischen  $+60^\circ$  und  $-60^\circ$  liegt, können die Modulationsindizes  $m$  und  $a$  innerhalb der Grenzen von 0 bis 1 beliebig gewählt werden.

[0010] Vorzugsweise ist dafür gesorgt, daß die erste Wechselspannung beim Anlassen des Kondensatormotors verringert und gegenüber der zweiten Wechselspannung phasenverschoben ist und die zweite Wechselspannung auf ihren Maximalwert konstant einstellbar ist. Dadurch wird erreicht, daß das Anlaßmoment erhöht wird, wenn es benötigt wird.

[0011] Wird hingegen kein hohes Anlaßmoment verlangt, so kann die zweite Wechselspannung beim Anlassen des Kondensatormotors verringert werden. Dadurch wird erreicht, daß der Anlaßstrom reduziert wird, wodurch der Motor geschützt wird, aber unter Beibehaltung eines akzeptablen Anlaßmoments. Der Schutz ist besonders dann erwünscht, wenn ein nicht bekannter Motor angeschlossen ist.

[0012] Sodann kann dafür gesorgt sein, daß der Kondensator beim Anlassen durch ein steuerbares Schaltelement kurzgeschlossen werden kann, daß die erste Wechselspannung die gleiche Amplitude wie die Wechselspannung an der Hilfswicklung aufweist und daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  nahe bei  $90^\circ$  liegt. Dadurch wird erreicht, daß das Anlaßmoment wesentlich erhöht wird. Obwohl kein Anlaßmoment erreicht wird, das mit dem eines kondensatorlosen Motors vergleichbar ist, so wird doch ein beachtlicher Anstieg gegenüber bekannten, über Umrichter angetriebenen Kondensatormotoren erreicht.

[0013] Außerdem kann dafür gesorgt sein, daß beim Anlassen des Kondensatormotors die Amplituden der beiden Wechselspannungen nahezu gleich sind und ihre Phasenverschiebung  $90^\circ$  oder weniger beträgt. Dadurch wird erreicht, daß ein relativ hohes Anlaßmoment möglich ist.

#### Ausführungsbeispiel

[0014] Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachstehend anhand der beiliegenden Zeichnungen eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Darin stellen dar:

[0015] Fig. 1 ein schematisches Schaltbild einer Steuervorrichtung in Form eines Wechselrichters mit einem erfindungsgemäßen Umrichter und eines davon angeschlossenen Kondensatormotors,

[0016] Fig. 2 ein Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme bei einem bekannten Kondensatormotor ohne Phasenverschiebung zwischen den Wechselspannungen an Hauptwicklung und Hilfsschaltung,

[0017] Fig. 3 ein Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme bei einem erfindungsgemäßen Kondensatormotor,

[0018] Fig. 4 den Zusammenhang zwischen den Modulationsindizes  $m$ ,  $a$  und der Phasenverschiebung  $\Psi$  der an Hauptwicklung und Hilfsschaltung eines Kondensatormotors bei der erfindungsgemäßen Art der Steuerung des Motors über einen Drehphasen-Wechselrichter in Brückenschaltung liegenden Wechselspannungen, die

[0019] Fig. 5 und 6 den Zusammenhang zwischen der Phasenverschiebung  $\Psi$  und dem einen Modulationsindex  $m$  bei verschiedenen Werten des anderen Modulationsindex  $a$ ,

[0020] Fig. 7 ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung des Tastverhältnisses und der Totzeit von Schaltimpulsen

der Schaltelemente der Brückenschaltung nach Fig. 1 in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz (Drehzahl) und der Wahl der Modulationsindizes  $m$  und  $a$ ,

[0021] Fig. 8 und 9 die Tastverhältnisse und resultierenden Wechselspannungen für einen bestimmten Betriebsfall, wenn die Brückenschaltung nach Fig. 1 nach dem in Fig. 7 dargestellten Verfahren gesteuert wird,

[0022] Fig. 10 eine mögliche Abhängigkeit der Phasenverschiebung  $\Psi$  von der gewünschten Frequenz zur Erzielung eines maximalen Wirkungsgrads des Kondensatormotors und/oder seiner angeschlossenen Last, und

[0023] Fig. 11 die Abhängigkeit des Anlaufdrehmoments des erfindungsgemäßen Kondensatormotors von der Frequenz (Drehzahl) im Vergleich zu dem bekannter Kondensatormotoren.

[0024] Nach Fig. 1 ist ein Kondensatormotor 1 an einer Steuervorrichtung 2 angeschlossen, die seine Betriebs-Wechselspannungen mit veränderbarer Frequenz entsprechend seiner gewünschten Drehzahl steuert.

[0025] Der Ständer des Kondensatormotors hat eine Hauptwicklung 3 und eine Hilfswicklung 4, die eine Hilfswicklung 5 in Reihe mit einem Kondensator 6 aufweist, wobei der Kondensator 6 jedoch nicht innerhalb des Ständers angeordnet ist. Parallel zum Kondensator 6 liegt ein steuerbares Schaltelement 7. Bei dem Schaltelement 7 kann es sich um ein Halbleiter-Schaltelement, zum Beispiel einen Transistor, handeln.

[0026] Die Steuervorrichtung 2 enthält einen Umrücker 8, der die Frequenz der Wechselspannung einer Wechselspannungsquelle 9 in eine erste Wechselspannung  $U_1$  (die Unterstreichung einzelner elektrischer Größen soll hier auf eine Zeigerdarstellung hinweisen) an die Hauptwicklung 3 und eine zweite Wechselspannung  $U_2$  an die Hilfsschaltung 4 für den Betrieb des Kondensatormotors 1 umwandelt.

[0027] Der Umrücker 8 enthält einen Gleichrichter 10 (mit einer Glättungsschaltung, die einen Glättungskondensator und gegebenenfalls eine Glättungsspule aufweist), der die Wechselspannung der Wechselspannungsquelle 9 in eine Gleichspannung  $U$  gleichrichtet, und einen Wechselrichter 11, der die Gleichspannung  $U$  in die beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  umformt. Zu diesem Zweck enthält der Wechselrichter 11 drei parallel an der Gleichspannung  $U$  liegende Reihenschaltungen 12, 13 und 14, die jeweils zwei in Reihe geschaltete, steuerbare Schaltelemente 15 und 16 aufweisen. Zu jedem Schaltelement 15, 16 ist jeweils eine Freilaufdiode antiparallel geschaltet. Zwischen den Verbindungen 21, 22 der Schaltelemente 15, 16 der ersten und der zweiten Reihenschaltung 12, 13 ist die erste Wechselspannung  $U_1$ , und zwischen den Verbindungen 22, 23 der Schaltelemente 15, 16 der zweiten und der dritten Reihenschaltung 13, 14 die zweite Wechselspannung  $U_2$  abnehmbar. Der Wechselrichter 11 weist ferner eine Steuereinrichtung 24 auf, durch die die Schaltelemente 15, 16 derart steuerbar sind, daß die beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  relativ zueinander phaserverschoben sind.

[0028] Ferner steuert die Steuereinrichtung 24 die Schaltelemente 15 und 16 so, daß die Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  beider der gewünschten Drehzahl des Kondensatormotors 1 jeweils entsprechende Frequenz  $f$  aufweisen.

[0029] Warum erfindungsgemäß eine Phasenverschiebung  $\Psi$  zwischen den beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  bewirkt wird, sei nachstehend anhand der in den Fig. 2 und 3 dargestellten Zeigerdiagramm erläutert.

[0030] Fig. 2 stellt einen bekannten Fall der Steuerung der Drehzahl eines Kondensatormotors dar, wie er in Fig. 1 dargestellt ist. Dort sind die beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  unabhängig von ihrer Frequenz  $f$  nicht relativ zueinander phaserverschoben. Wenn sich bei geöffnetem Schaltelement 7 (wie dargestellt) die Frequenz  $f$  ändert, ändern sich mithin auch die Blindwiderstände der Wicklungen 3 und 5 sowie des Kondensators 6. Während sich der Betrag des durch die Hauptwicklung 3 fließenden Stroms  $I_1$  bei einer Änderung der Frequenz der an der Hauptwicklung 3 liegenden ersten Wechselspannung  $U_1$  ändert, bleibt seine Phasenverschiebung gegenüber der Wechselspannung  $U_2$  weitgehend unverändert, wenn man den ohmschen Widerstand der Hauptwicklung 3 vernachlässigt.

[0031] Dagegen ändert sich nicht nur der Betrag des durch die Hilfsschaltung 4 fließenden Stromes  $I_2$ , sondern auch seine Phasenverschiebung gegenüber der zweiten Wechselspannung  $U_2$  im Sinne einer noch stärkeren Voreilung gegenüber der zweiten Wechselspannung  $U_2$ , weil der kapazitive Widerstand des Kondensators 6 in dem zur Anwendung kommenden Frequenzbereich normalerweise sehr viel größer als der induktive Widerstand der Hilfswicklung 5 ist, wenn man beispielsweise eine Kapazität  $C$  des Kondensators von  $10 \mu F$  und eine Induktivität  $L$  der Wicklung 5 von etwa  $1 \text{ mH}$  bei einer Betriebsfrequenz von etwa  $50 \text{ Hz}$ , die etwa zwischen  $10 \text{ Hz}$  und  $70 \text{ Hz}$  geändert wird, zugrundelegt.

[0032] Wenn man davon ausgeht, daß die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  im Idealfalle eine Phasenverschiebung  $\phi$  von etwa  $90^\circ$  aufweisen, vergrößert sich diese Phasenverschiebung bei einer Verringerung der Frequenz  $f$  deutlich, je kleiner die Frequenz  $f$  wird, wenn man wiederum den ohmschen Widerstand der Hilfswicklung 5 vernachlässigt. Die Folge ist, daß der Kondensatormotor sich nicht gleichmäßig dreht, sondern sein Drehmoment stark pulsiert (mit dem doppelten der jeweils eingestellten Drehzahl), weil das Drehfeld in Abhängigkeit von seinem Drehwinkel immer weiter in Richtung auf eine Ellipsenform von der idealen Kreisform abweicht. Zwar läßt sich gegebenenfalls die durch den Anstieg des Widerstands  $1/\omega C$  des Kondensators ( $\omega = 2\pi f$ ) bedingte Abnahme des Stroms  $I_2$  bei abnehmender Frequenz  $f$  gegebenenfalls dadurch ausgleichen, daß die Wechselspannung  $U_2$  entsprechend erhöht wird, doch ist diese Erhöhung der Wechselspannung in der Regel begrenzt, wenn sie

aus der Netzwechselspannung gewonnen wird und man aus Kostengründen auf eine Aufwärtstransformation mittels eines Transfornators verzichten möchte oder muß. Der niedrige Strom aufgrund des hohen Widerstands bei geringer Frequenz bzw. Drehzahl hat darüber hinaus zur Folge, daß das Anlaufdrehmoment gering ist.

[0033] Bei der erfundsgemäßen Lösung wird dagegen eine Phasenverschiebung  $\Psi$  zwischen den beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  gemäß Fig. 3 in Abhängigkeit von der Frequenz der beiden Wechselspannungen vorgesehen. Dadurch ergibt sich bei verschiedenen Beträgen (Amplituden) der beiden Spannungen  $U_1$  und  $U_2$ , wie im Falle der Fig. 2 eine höhere Spannung  $U_c$  am Kondensator 6, so daß der Winkel  $\phi_{v1}$  zwischen der Spannung  $U_2$  an der Hilfwicklung 5 und der Spannung  $U_1$  an der Hauptwicklung 3, im Gegensatz zu dem bekannten Fall nach Fig. 2, nahezu den optimalen Wert von 90° aufweist und die beiden Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  nahezu das optimale Verhältnis aufweisen, das gleich dem Verhältnis N der Windungszahlen der beiden Wicklungen 3 und 5 ist. Daher ist auch die Phasenverschiebung  $\phi_v$  der beiden Ströme  $I_1$  und  $I_2$  nahezu etwa 90°, wobei auch die Stromstärken in beiden Wicklungen unter Berücksichtigung des Windungsverhältnisses N, d.h. ihre Durchflutungen, nahezu gleich sind. Dies führt zu einer geringeren Pulsierung des Drehmoments und einem höheren Wirkungsgrad des Kondensatormotors 1.

[0034] Es gibt zwar kein allgemeines Verfahren zur Einstellung der Phasenverschiebung  $\Psi$  in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz (oder Drehzahl), weil die Anzahl der Windungen bei den verschiedenen Einphasen-Motoren, die elektrischen Parameter und die Arten ihrer mechanischen Belastungen unterschiedlich sind. In den meisten praktischen Fällen sollte die Phasenverschiebung  $\Psi$  jedoch bei Frequenzen unterhalb eines Frequenz-Schwellwerts, vorzugsweise der Nennfrequenz, negativ sein (um eine Zunahme des Kondensatorwiderstands auszugleichen) und bei oberhalb des Frequenzschwellwerts positiv sein (um die Abnahme des Kondensatorwiderstands auszugleichen). Der absolute Wert der Phasenverschiebung  $\Psi$  hängt von den Parametern des Motors und den Eigenschaften bzw. Kennlinien der Belastung an seiner Welle ab.

[0035] Das Ausmaß der Verbesserung des Betriebsverhaltens des Motors hängt ebenfalls von seinen Parametern und der Kennlinie der Belastung ab und ist am deutlichsten bei Ventilatoren und Pumpen als Belastung, deren Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie einen quadratischen Verlauf aufweist. Vorzugsweise sollte die zweite Wechselspannung  $U_2$  für einen vollständigen Ausgleich der Zunahme des Kondensatorwiderstands eine sehr viel größere Amplitude als den (maximalen) Nennwert aufweisen, der sich beispielsweise aus der Netzwechselspannung ergibt. Aber selbst durch Einstellung der Phasenverschiebung  $\Psi$  und Einhaltung der verfügbaren Spannung als zweite Wechselspannung  $U_2$ , ergibt sich eine beachtliche Verbesserung des Betriebsverhaltens des Kondensatormotors hinsichtlich des Antriebs verschiedener Arten von Lasten.

[0036] Wenn die Kapazität des Kondensators 6 größer als der für die Nennbelastung berechnete Wert ist und der Kondensatormotor mit dem gleichen Nennwert der Betriebsspannung wie bei einer herkömmlichen Kondensatormotor-Anordnung betrieben wird, braucht die zweite Wechselspannung  $U_2$  nicht auf dem Maximalwert gehalten zu werden. Vielmehr kann sie in einigen Frequenzbereichen etwas kleiner sein. Dadurch wird das Betriebsverhalten des Kondensatormotors bei niedrigen Drehzahlen, insbesondere das Anlaufdrehmoment, verbessert.

[0037] Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel kann der Kondensator 6 in einem niedrigen Frequenzbereich durch das Schaltelement 7 kurzgeschlossen werden, wobei das Schaltelement 7 durch ein Schaltsignal der Steuereinrichtung 24 geschlossen wird. Das Weglassen des Kondensators 6 ist bei niedrigen Drehzahlen realistisch, weil die erforderliche Hilfwechselspannung  $U_h$  (die dann gleich der zweiten Wechselspannung  $U_2$  ist) normalerweise – bei den üblichen Windungsverhältnissen des jeweiligen Kondensatormotors – niedriger als die Netzspannung ist. Dadurch ergibt sich als Hauptvorteil ein erheblich höheres Anlaufdrehmoment. Wenn sich der Wirkungsgrad des Kondensatormotors 1 als nicht hinreichend hoch erweist, wenn der Maximalwert der zweiten Wechselspannung  $U_2$  eingestellt und sie gleichzeitig gegenüber der ersten Wechselspannung  $U_1$  phasenverschoben wird, dann kann das bidirektionale Schaltelement 7 bis zur maximal zulässigen Frequenz geschlossen bleiben (wenn die erforderliche Hilfwechselspannung  $U_h$  größer als die Netzspannung gewählt wird, oder aufgrund anderer Einschränkungen).

[0038] Die Drehrichtung läßt sich auf einfache Weise umkehren, indem beispielsweise die zweite Wechselspannung  $U_2$  umgekehrt wird.

[0039] Die in Fig. 1 dargestellte Ausführungsform der Steuervorrichtung 2 hat den Vorteil, daß eine für Drei-Phasen-Motoren übliche zur Steuerung des einphasigen Kondensatormotors 1 weitgehend übernommen werden kann. Da jedoch die durch die Hauptwicklung 3 und die Hilfwicklung 5 fließenden Ströme  $I_1$  und  $I_2$  unterschiedlich sind, können andere Nennwerte der Schaltelemente 15, 16 in jeder Reihenschaltung 12, 13 und 14 gewählt werden, so daß sich die Kosten verringern lassen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Glättungsschaltung im Gleichrichter 10 einfach aufgebaut sein kann: Normalerweise genügt ein Glättungskondensator, um die Kosten niedrig zu halten, und es ist möglich, ein herkömmliches Pulsdauermodulationsverfahren anzuwenden, um die Schaltelemente 15, 16 so zu steuern, daß sich die gewünschten Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  in den Querweigeln der Brückenschaltung zwischen den Verbindungen 21 und 22 der Schaltelemente 15, 16 der ersten Reihenschaltung 12 und der Schaltelemente 15, 16 der zweiten Reihenschaltung 13 sowie zwi-

# DE 102 31 773 A1 2004.02.19

schen den Verbindungen 22 und 23 der Schaltelemente 15 und 16 der zweiten Reihenschaltung 13 und der Verbindung 23 der Schaltelemente 15, 16 der dritten Reihenschaltung 14 mit der gewünschten Amplitude und Phasenverschiebung  $\Psi$  ergeben.

[0040] Hierbei ist allerdings zu beachten, daß nicht jede beliebige Phasenverschiebung  $\Psi$  bei beliebigen Amplituden der ersten Wechselspannung  $U_1$  und/oder der zweiten Wechselspannung  $U_2$  möglich ist.

[0041] Das nachstehend beschriebene erfundengemäße Modulationsverfahren basiert auf einer passenden Wahl der Modulationsindices der ersten Wechselspannung  $U_1$  und der zweiten Wechselspannung  $U_2$ , d.h. das Verhältnis ihres Spitzenwertes (ihrer Amplitude) zur Gleichspannung  $U$ . Bezeichnet man mithin den Modulationsindex der ersten Spannung  $U_1$  mit  $m$  und den Modulationsindex der zweiten Wechselspannung  $U_2$  mit  $a$ , dann gilt

$$m = \hat{U}_1/U$$

[G1]

$$a = \hat{U}_2/U$$

[G2]

wobei das Zeichen "hat" den Spitzen- oder Maximalwert (die Amplitude) der jeweiligen Wechselspannung und  $U$  die Gleichspannung am Ausgang des Gleichrichters 10 bezeichnet.

[0042] In jeder Reihenschaltung 12, 13 und 14 haben die Schaltelemente 15, 16 ihr eigenes Tastverhältnis, mit der das Verhältnis ihrer Einschaltdauer zu der jeweiligen Schaltpause bezeichnet wird. Dieses Tastverhältnis kann sich bei der Pulsdauermodulation zwischen 0 und 1 ändern.

[0043] Nachstehend wird das Tastverhältnis in der ersten Reihenschaltung 12, das der Spannung  $U_{21}$  zwischen der Verbindung 21 und der Leitung 25 entspricht, mit da, das Tastverhältnis in der zweiten Reihenschaltung 13, das der Spannung  $U_{22}$  zwischen der Verbindung 22 und der Leitung 25 entspricht, mit db und das Tastverhältnis in der dritten Reihenschaltung 14, das der Spannung  $U_{23}$  zwischen der Verbindung 23 und der Leitung 25 entspricht, mit dc bezeichnet.

[0044] Mit diesen Definitionen gilt

$$U_{21} = da \cdot U$$

[G3]

$$U_{22} = db \cdot U$$

[G4]

$$U_{23} = dc \cdot U$$

[G5]

[0045] Mit diesen Gleichungen G3 bis G5 erhält man dann

$$U_1 = U_{21} - U_{22} = (da - db) \cdot U$$

[G6]

$$U_2 = U_{23} - U_{22} = (dc - db) \cdot U$$

[G7]

[0046] Berücksichtigt man ferner, daß die Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  angenehmt sinusförmig sein sollen, dann ergibt sich aus den Gleichungen G1, G2, G6 und G7

$$U_1 = (da - db) \cdot U = m \cdot U \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

[G8]

$$U_2 = (dc - db) \cdot U = a \cdot U \cdot \cos(\omega \cdot t + \Psi)$$

[G9]

[0047] Darin ist mit  $\omega$  die Kreisfrequenz  $2\pi f$ , mit  $t$  die Zeit und mit  $\Psi$  die gewünschte Phasenverschiebung zwischen den beiden Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  bezeichnet, wobei  $f$  die gewünschte Frequenz ist.

[0048] Dividiert man beide Gleichungen G8 und G9 durch  $U$ , dann erhält man

$$u_1 = (da - db) = m \cdot \cos(\omega t)$$

[G10]

$$u_2 = (dc - db) = a \cdot \cos(\omega t + \Psi)$$

[G11]

wobei  $u_1$  und  $u_2$  jeweils die auf  $U$  bezogenen Spannungen  $U_1$  und  $U_2$ , also dimensionslose Größen sind. [0049] Die Schwierigkeit besteht nun darin, die richtigen Werte für das Tastverhältnis  $db$  zu finden, so daß seine Änderung zwischen 0 und 1 liegt, aber gleichzeitig die beiden anderen Tastverhältnisse  $da$  und  $dc$  zwischen 0 und 1 bleiben, wobei für  $da$  und  $dc$  die nachstehenden Gleichungen gelten:

$$da = db + m \cdot \cos(\omega t) = db + u_1$$

[G12]

$$dc = db + a \cdot \cos(\omega t + \Psi) = db + u_2$$

[G13]

[0050] Durch Umformung der Gleichungen G12 und G13 läßt sich zeigen, daß ein direkter Zusammenhang zwischen dem Modulationsindex  $m$ , dem Modulationsindex  $a$  und der Phasenverschiebung  $\Psi$  besteht, bei denen die Gleichungen G12 und G13 immer erfüllt sind:

Subtrahiert man Gleichung G13 von Gleichung G12, so erhält man:

$$u_1 - u_2 = m \cdot \cos(\omega t) - a \cdot \cos(\omega t + \Psi) = da - dc$$

[G14]

[0051] Da die Tastverhältnisse  $da$ ,  $db$  und  $dc$  immer zwischen 0 und 1 liegen, liegt  $u_1 - u_2$  theoretisch zwischen -2 und +2, während der Term  $da - dc$  wegen dieser Grenzen der Tastverhältnisse zwischen -1 und +1 liegen muß.

[0052] Es sei unterstellt, daß der mittlere Term der Gleichung G14 die Schnittfläche dieser beiden Bereiche ist, dann gilt die nachstehende Gleichung:

$$|m \cdot \cos(\omega t) - a \cdot \cos(\omega t + \Psi)| \leq 1$$

[G15]

[0053] Gleichung G15 muß für alle Winkel  $\omega t$  gelten. Löst man sie nach  $\Psi$  auf, dann erhält man für die Phasenverschiebung

$$|\Psi| \leq \arccos \left( \frac{m^2 + a^2 - 1}{2ma} \right) \quad [G16]$$

[0054] Mit anderen Worten, bei vorbestimmten Werten von  $m$  und  $a$  gibt es einen Grenzwert für die Phasenverschiebung  $\Psi$  gemäß Gleichung G16.

[0055] Fig. 4 stellt in grafischer Form den Zusammenhang zwischen der Phasenverschiebung  $\Psi$  und den Modulationsindices dar, wenn sich beide Modulationsindices  $m$  und  $a$  zwischen 0 und 1 ändern. Aus Fig. 4 ergibt sich, daß bei einer Phasenverschiebung von weniger als  $60^\circ$  alle Werte für beide Modulationsindices möglich sind. Wenn die Phasenverschiebung größer als  $60^\circ$  ist, bis zu einer oberen Grenze von  $180^\circ$ , müssen die Modulationsindices  $m$  und  $a$  verringert werden, um in dem durch die Gleichung G14 bestimmten eingeschränkten Bereich zu bleiben. Generell gilt daher, je weiter die Modulationsindices verringert werden, um so größer kann die Phasenverschiebung  $\Psi$  sein.

[0056] In der Praxis sind viele Kombinationen der Modulationsindices  $m$  und  $a$ , unter Einhaltung des eingeschränkten Bereiches für die Phasenverschiebung  $\Psi$ , möglich. Fig. 5 veranschaulicht jedoch den für die Erfüllung repräsentativen Fall. So stellt Fig. 5 den Grenzwert für die Phasenverschiebung  $\Psi$  in Abhängigkeit von dem Modulationsindex  $m$  der ersten Wechselspannung  $U_1$  dar, wenn die zweite Wechselspannung  $U_2$  auf dem Maximalwert ( $a = 1$ ) gehalten wird. Auch hier zeigt sich, daß bei einer kleineren Phasenverschiebung  $\Psi$  als  $60^\circ$  jeder Wert für die erste Wechselspannung  $U_1$  (der gleichbedeutend mit dem Wert  $m$  ist) möglich ist, während bei Phasenverschiebungen oberhalb von  $60^\circ$  der Modulationsindex  $m$  fortlaufend verringert werden muß. Die maximale Phasenverschiebung  $\Psi$  beträgt  $90^\circ$ , wenn die erste Wechselspannung  $U_1 = 0$  ist (bei  $m = 0$ ).

[0057] Ein Dreiphasenwechselrichter schränkt daher den für die Phasenverschiebung  $\Psi$  möglichen Wert in Bezug auf die Größe der ersten Wechselspannung  $U_1$  ein, doch ist dies in der Praxis kein echter Nachteil. Der Grund dafür ist darin zu sehen, daß bei den meisten Einphasen-Induktionsmotoren und ihren Belastungen der

optimale Wert der Phasenverschiebung  $\Psi$  in dem inneren Bereich liegt, der in Fig. 5 dargestellt ist. Wenn darüber hinaus eine größere Kapazität des Kondensators 6 (im Vergleich zu dem Nennwert eines Betriebskondensators) gewählt wird, dann braucht die zweite Wechselspannung  $U_2$  bei einigen Frequenzen nicht den Maximalwert aufzuweisen. Selbst wenn dieser Fall nicht die Regel ist, so veranschaulicht Fig. 6 was geschieht, wenn die zweite Wechselspannung  $U_2$  bei 90% ihres Maximalwertes ( $a = 0,9$ ) gehalten wird. So zeigt Fig. 6, wie die maximal mögliche Phasenverschiebung allmählich bis auf 180° geändert werden kann, wenn gleichzeitig die erste Wechselspannung  $U_1$  verringert wird.

[0058] Da der Zusammenhang zwischen Phasenverschiebung  $\Psi$ , Modulationsindex  $m$  und auch dem Modulationsindex  $a$  stark von den Motorimpedanzen und der Lastkennlinie an der Motorwelle abhängt, ist ein allgemein gültiges Modulationsverfahren erforderlich, nach dem es möglich ist, ein Zweiphasen-Spannungssystem zu erzeugen, wenn die Einschränkung gemäß Gleichung G14 berücksichtigt wird. Dieses Modulationsverfahren ist in Fig. 7 dargestellt und wird nachstehend ausführlicher erläutert.

[0059] Ausgehend von der gewünschten Frequenz  $f$ , werden die Werte für  $m$ ,  $a$  und  $\Psi$  so gewählt, daß sich der maximale Wirkungsgrad des Motors (in den meisten Fällen), die geringste Pulsation des Drehmoments oder andere Kriterien ergeben. Dann werden die Koeffizienten DM und DA berechnet, bei denen es sich praktisch um die erste und zweite Wechselspannung in normierter (bezogener) Form handelt. Ein Entscheidungsblock vergleicht die Vorzeichen dieser Koeffizienten, und dann werden alle vier möglichen Fälle das Tastverhältnis  $db$  berechnet. Dann werden die beiden anderen Tastverhältnisse nach den Gleichungen G12 und G13 berechnet. Schließlich werden die Tastverhältnisse in Schaltimpulse für die Schaltelemente 15, 16 in an sich bekannter Weise umgeformt. Die Berechnungen und Umformungen bewirkt die Steuereinrichtung 24.

[0060] Wenn die Phasenverschiebung  $\Psi$  in den durch die Gleichung G16 definierten Grenzen gehalten wird, können nach dem in Fig. 7 dargestellten Algorithmus die erforderlichen Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  für den Betrieb des Kondensatormotors in Form des Mittelwerts der pulsduarmodulierten Spannungsimpulse zusammengesetzt werden. Ein Beispiel für das Ergebnis dieses Algorithmus ist in Fig. 8 dargestellt, die alle drei Tastverhältnisse veranschaulicht, um eine Phasenverschiebung von 50° zu erreichen. Im Gegensatz zum Stand der Technik sind die Kurvenformen dieser Tastverhältnisse zwar ziemlich kompliziert, dennoch ergeben sich sinusförmige Wechselspannungen mit der gewünschten Phasenverschiebung, wie es in Fig. 9 dargestellt ist. Die Sinuskurven in Fig. 9 entsprechen der Grundwelle der pulsduarmodulierten Spannungen.

[0061] Der in Fig. 10 dargestellte Verlauf der Phasenverschiebung  $\Psi$  in Abhängigkeit von der Frequenz der Wechselspannungen  $U_1$  und  $U_2$  veranschaulicht, daß der Wechsel des Vorzeichens der Phasenverschiebung  $\Psi$  auch bei einer anderen Frequenz als der Nennfrequenz, hier 60 Hz, erfolgen kann, um beispielsweise einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Kondensatormotors und/oder seiner Last, eines Ventilators oder einer Pumpe, zu erzielen. Im dargestellten Fall wechselt das Vorzeichen bei etwa 52 Hz.

[0062] Fig. 11 zeigt ein Beispiel für die Abhängigkeit des Anlauf-Drehmoments  $M$  eines erfindungsgemäß gesteuerten Kondensatormotors 1 in Abhängigkeit von der Frequenz seiner Betriebs-Wechselspannungen bzw. seiner Drehzahl, wenn der Kondensator 6 während des Anlaufs kurzgeschlossen und die zweite Wechselspannung  $U_2$  auf den gleichen Wert wie die erste Wechselspannung  $U_1$  heruntergeregt wird, im Vergleich zum Verlauf der Anlauf-Drehmomente  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  bei bekannten Steuerungen von Kondensatormotoren, wobei mit  $M_1$  der Verlauf des Anlauf-Drehmomentes eines herkömmlichen Kondensatormotors, mit  $M_2$  der Verlauf des Anlauf-Drehmomentes bei einem Kondensatormotor gemäß der US-PS 6 121 749 und mit  $M_3$  der Verlauf für einen Motor ohne Kondensator bezeichnet ist. Der Verlauf  $M_3$  kann z.B. dadurch erreicht werden, daß der Kondensator eines herkömmlichen Kondensatormotors beim Anlauf kurzgeschlossen, d.h. außer Betrieb gesetzt wird.

[0063] Bei der erfindungsgemäßigen Steuerung gemäß dem Kurvenverlauf  $M$  ergibt sich zwar nicht das gleich große Anlaufdrehmoment wie bei  $M_3$ , doch ist die Betriebswechselspannung des Kondensatormotors bei der erfindungsgemäßigen Steuerung erheblich kleiner. Der Motor wird dadurch gespart und keiner hohen Spannungsbeanspruchung ausgesetzt. Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn ein bereits im Einsatz befindlicher Motor mit einem erfindungsgemäßigen Umrichter nachgerüstet werden soll und die Nenndaten des Motors nicht alle bekannt sind. Durch den "weichen Anlauf" wird eine Überlastung des Motors verhindert.

[0064] Zur Ermittlung der drei Drehmoment-Kennlinien nach Fig. 11 ist jeweils der gleiche Motor, der gleiche Kondensator und die gleiche Betriebsgleichspannung verwendet worden.

#### Patentansprüche

- Umrichter (8) zum drehzahlvariablen Betreiben eines Kondensatormotors (1), der eine Hauptwicklung (3) und eine Hilfsschaltung (4) aufweist, die eine Hilfswicklung (5) mit vorgeschaltetem Kondensator (6) aufweist, wobei der Umrichter (8) der Hauptwicklung (3) eine erste Wechselspannung ( $U_1$ ) und der Hilfsschaltung (4) eine zweite Wechselspannung ( $U_2$ ) zuführt, die einer der gewünschten Drehzahl entsprechende Frequenz aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß der Umrichter (8) derart steuerbar ist, daß die an der Hauptwicklung (3) und der Hilfsschaltung (4) liegenden Wechselspannungen ( $U_1$ ,  $U_2$ ) eine Phasenverschiebung  $\Psi$  gegenein-

ander aufweisen, deren Vorzeichen bei Betriebsfrequenzen oberhalb eines Frequenz-Schwellwerts entgegengesetzt zu dem bei unterhalb des Frequenz-Schwellwerts liegenden Betriebsfrequenzen ist.

2. Umrichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Wechselspannungen ( $U_1, U_2$ ) bei dem Frequenz-Schwellwert in Phase sind.

3. Umrichter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  so steuerbar ist, daß ein optimaler oder möglichst optimaler Wirkungsgrad des Kondensatormotors und/oder einer angeschlossenen Last erreicht wird.

4. Umrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Umrichter (8) einen mit einer Gleichspannung ( $U$ ) betriebenen Wechselrichter (11) mit drei parallel an der Gleichspannung ( $U$ ) liegenden Reihenschaltungen (12, 13, 14) aufweist, die jeweils zwei in Reihe geschaltete, steuerbare Schaltelemente (15, 16) aufweisen, wobei zwischen den Verbindungen (21, 22) der Schaltelemente (15, 16) der ersten und der zweiten Reihenschaltung (12, 13) die erste Wechselspannung ( $U_1$ ) und zwischen den Verbindungen (22, 23) der Schaltelemente (15, 16) der zweiten und der dritten Reihenschaltung (13, 14) die zweite Wechselspannung ( $U_2$ ) abnehmbar ist, und daß der Wechselrichter (11) eine Steuereinrichtung (24) aufweist, durch die die Schaltelemente (15, 16) derart steuerbar sind, daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  der beiden Wechselspannungen ( $U_1, U_2$ ) in dem durch die Gleichung

$$|\Psi| \leq \arccos \left( \frac{m^2 + a^2 - 1}{2ma} \right)$$

bestimmten Bereich liegt, wobei  $m$  der Modulationsindex der ersten Wechselspannung ( $U_1$ ) und  $a$  der Modulationsindex der zweiten Wechselspannung ( $U_2$ ) ist und die Modulationsindices jeweils das Verhältnis des Spitzenwertes der betreffenden Wechselspannung ( $U_1, U_2$ ) zur Betriebsgleichspannung ( $U$ ) des Wechselrichters (11) darstellen.

5. Umrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  zwischen  $+60^\circ$  und  $-60^\circ$  liegt.

6. Umrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Wechselspannung ( $U_1$ ) beim Anlassen des Kondensatormotors (1) verringrbar und gegenüber der zweiten Wechselspannung ( $U_2$ ) phasenverschoben ist und die zweite Wechselspannung ( $U_2$ ) auf ihren Maximalwert konstant einstellbar ist.

7. Umrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Wechselspannung ( $U_2$ ) beim Anlassen des Kondensatormotors (1) verringrbar ist.

8. Umrichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (6) beim Anlassen durch ein steuerbares Schaltelement (7) kurzgeschlossen werden kann, daß die erste Wechselspannung ( $U_1$ ) die gleiche Amplitude wie die Wechselspannung ( $U_1$ ) an der Hilfswicklung (5) aufweist und daß die Phasenverschiebung  $\Psi$  nahe bei  $90^\circ$  liegt.

9. Verfahren zum Steuern eines Kondensatormotors (1), der eine Hauptwicklung (3) und eine Hilfsschaltung (4) mit einer Hilfswicklung (5) und einem zur Hilfswicklung (5) in Reihe geschalteten Kondensator (6) aufweist, mittels einer Steuervorrichtung (2), die der Hauptwicklung (3) eine erste Wechselspannung ( $U_1$ ) und der Hilfsschaltung (4) eine zweite Wechselspannung ( $U_2$ ) zuführt, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung (2) eine Phasenverschiebung ( $\Psi$ ) zwischen der ersten und der zweiten Wechselspannung ( $U_1, U_2$ ) in Abhängigkeit von der Frequenz der Wechselspannungen ( $U_1, U_2$ ) bewirkt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß beim Anlassen des Kondensatormotors (1) die Amplituden der beiden Wechselspannungen ( $U_1, U_2$ ) nahezu gleich sind und ihre Phasenverschiebung  $90^\circ$  oder weniger beträgt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig.2

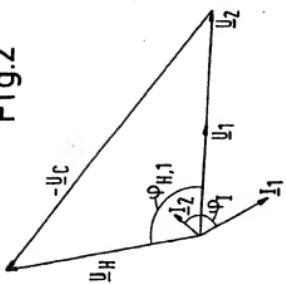


Fig.3

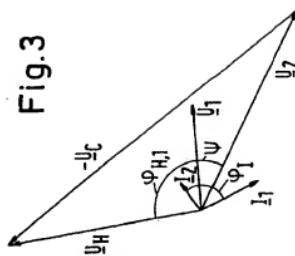


Fig.1

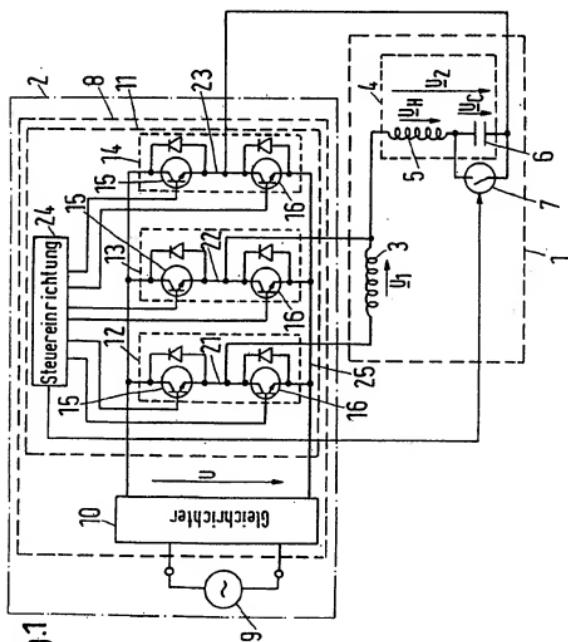


Fig. 4

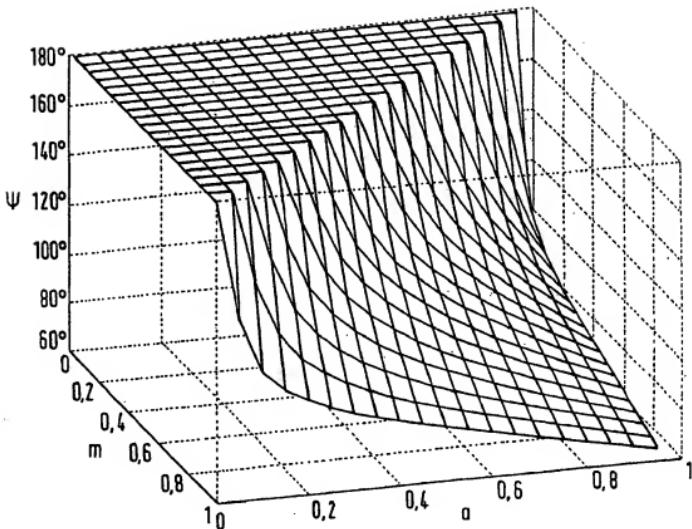


Fig.5

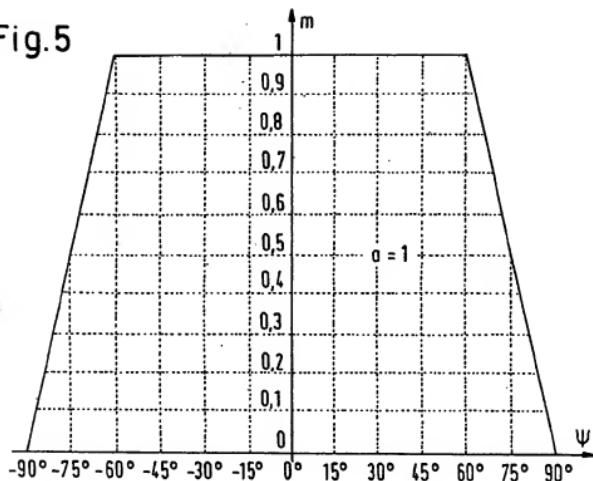


Fig.6

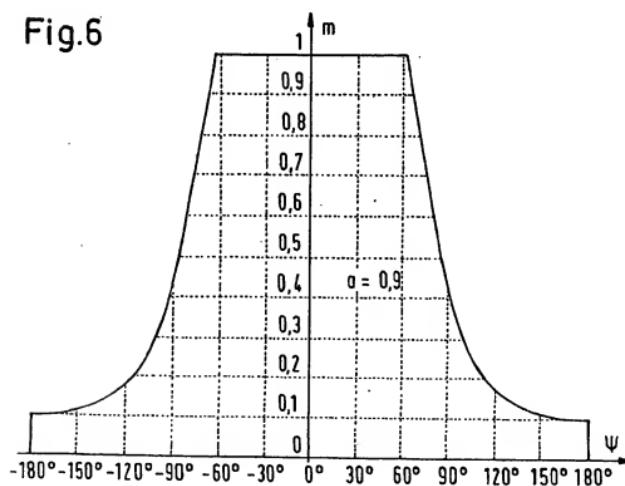


Fig. 7

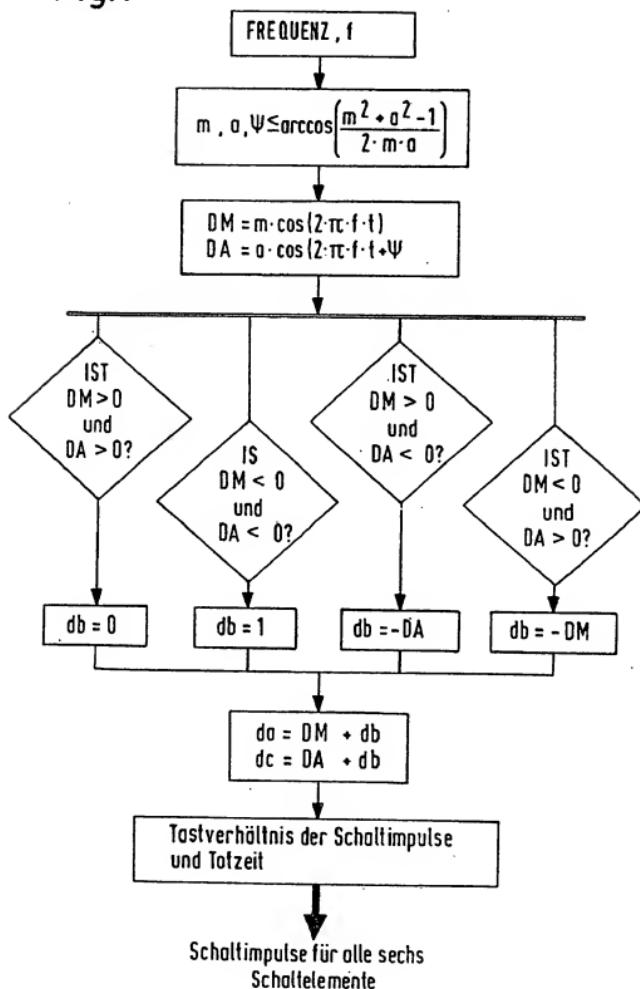


Fig. 8

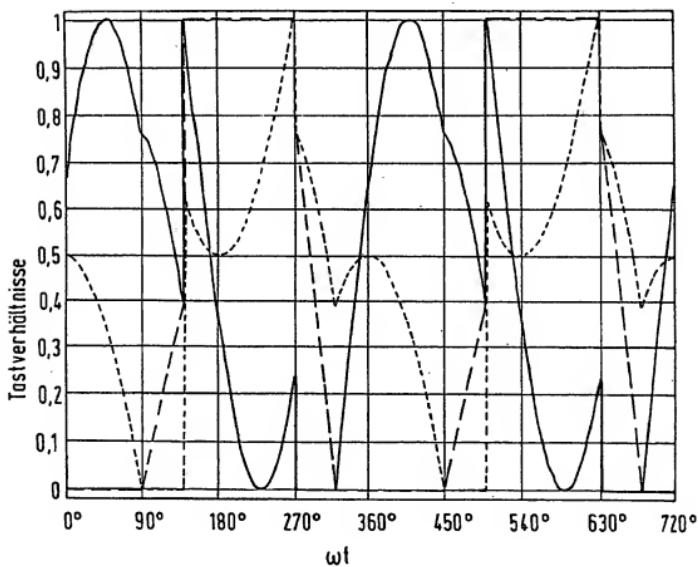


Fig.9

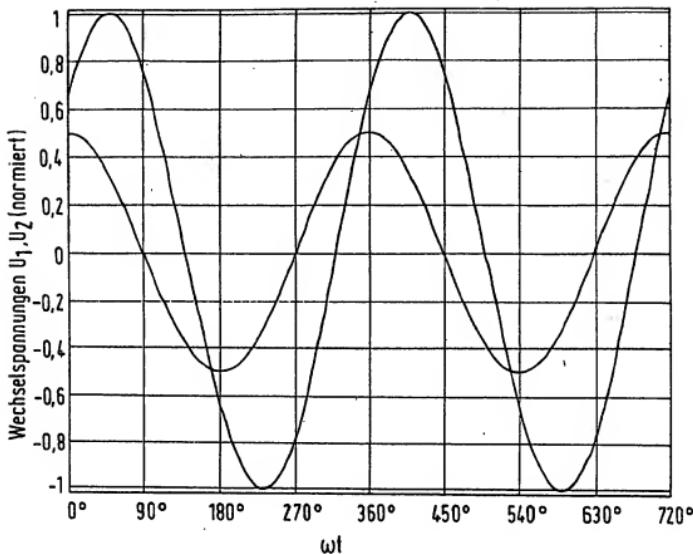


Fig.10

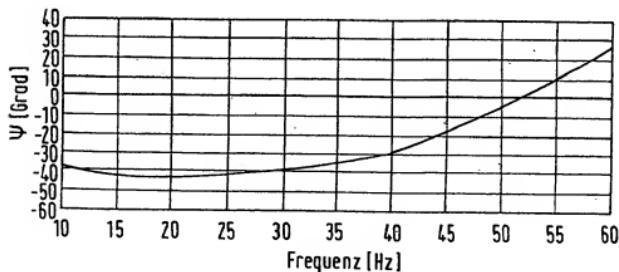
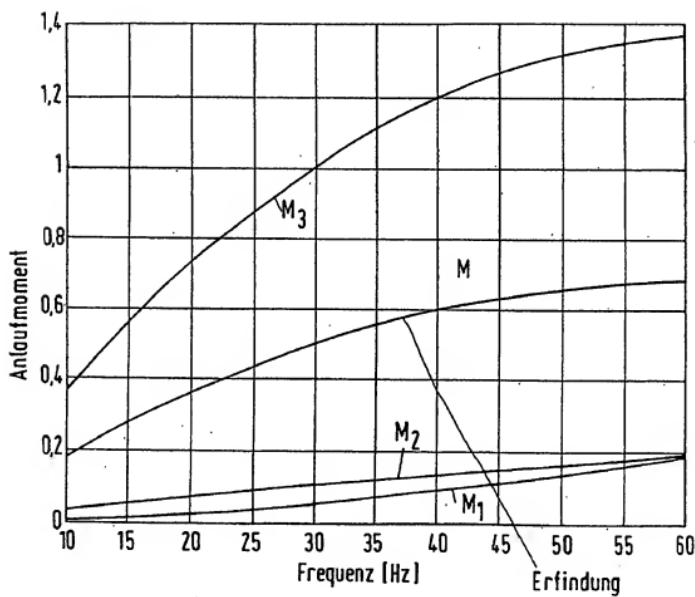


Fig.11



## Cavitation protection of pump governed according to rotational speed

Publication number: DE19645129

Publication date: 1998-05-07

Inventor: WAESE VOLKER (DE)

Applicant: ABB PATENT GMBH (DE)

Classification:

- International: F04D15/00; F04D29/66; F04D15/00; F04D29/66; (IPC1-7): F04D9/00; F04D15/00

- European: F04D15/00G; F04D29/66P

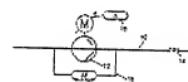
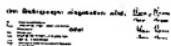
Application number: DE19961045129 19961104

Priority number(s): DE19961045129 19961104

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19645129

The flow ratios, with an operating revolutions per minute at the operating point of the pump, are compared by using the laws of similarity with the flow ratios of a point relevant to the design. They may be compared with regard to the net positive suction head value (NPSH). It can then be determined if the required pump-specific NPSH exceeds the NPSH in the existing system. The control system takes account of the operating characteristics of the pump.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 196 45 129 A 1

⑩ Int. Cl. 6:  
F 04 D 9/00  
F 04 D 15/00

DE 196 45 129 A 1

⑩ Aktenzeichen: 196 45 129,9  
⑩ Anmeldetag: 4. 11. 96  
⑩ Offenlegungstag: 7. 5. 98

⑩ Anmelder:  
ABB Patent GmbH, 68309 Mannheim, DE

⑩ Erfinder:  
Waese, Volker, 68239 Mannheim, DE

⑩ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 35 05 072 A1  
DD 2 26 937  
EP 01 71 094 A1

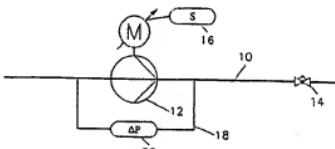
BIENIEK,K.,GRÖNING,N.: Die Regelung der Förderleistung von Kreiselpumpen mittels elektronischer Drehzahlverstellung, In: KSB Technische Berichte 22, 1987, S.16-31;

⑩ Verfahren zum kavitationsfreien Betrieb einer drehzahlgeregelten Pumpe

⑩ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kavitationschutz einer drehzahlgeregelten Pumpe, deren auf eine nach ISO 2548 definierte Bezugs-ebene bezogene erforderliche pumpenspezifische Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{req}$ ) aus betrieblichen Messungen abgeschätzt wird, wobei ein Überschreiten dieser erforderlichen pumpenspezifischen Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{req}$ ) gegenüber der in der Anlage vorhandenen Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{vom}$ ), bezogen auf die gleiche Bezugs-ebene, Kavitation hervorruft. Dabei werden die Strömungsverhältnisse bei Betriebsdrehzahl im Betriebspunkt der Pumpe unter Verwendung der Ähnlichkeitsgesetze mit den Strömungsverhältnissen eines für die Auslegung bezüglich des NPSH-Wertes relevanten Punktes verglichen. Auf diese Weise wird ermittelt, ob die erforderliche pumpenspezifische Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{req}$ ), die in der Anlage vorhandene Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{vom}$ ) übersteigt. Um einen Betriebszustand zu erreichen, der nicht kavitationsgefährdet ist, muß die Pumpe in einem Betriebspunkt gefahren werden, bei dem eine der beiden folgenden Bedingungen eingehalten wird:

$$\frac{H_{max}}{H_{vom}}, \frac{H_{min}}{H_{vom}} \text{ mit}$$

$$\frac{Q_{max}}{Q_{vom}}, \frac{Q_{min}}{Q_{vom}} \text{ mit}$$



DE 196 45 129 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum kavitationsfreien Betrieb einer drehzahlgeregelten Pumpe, deren auf eine nach ISO 2548 definierte Bezugsebene bezogenen pumpenspezifische Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{ref}$ ) aus betrieblichen Messungen abgeleitet wird, wobei ein Überschreiten dieser pumpenspezifischen Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{ref}$ ) gegenüber der in der Anlage vorhandenen Nettoenergiehöhe ( $NPSH_{Anl}$ ), bezogen auf die gleiche Bezugsebene, Kavitation hervorruft.

Es ist allgemein bekannt, daß in strömenden Flüssigkeiten bei Absinken des statischen Druckes auf den zu der Temperatur der Flüssigkeit gehörigen Dampfdruck, beispielsweise durch Vergrößerung der Absolutgeschwindigkeit der Strömung oder durch Änderung der geodätischen Zulaufhöhe, sich im Innern der Flüssigkeit an dieser Stelle Dampfblasen bilden. Diese Dampfblasen werden von der Strömung mitgerissen und zerfallen impulsionsartig, sobald der statische Druck auf dem weiteren Stromungsweg über den Dampfdruck ansteigt. Das Entstehen und schlagartige Zusammenfallen von Dampfblasen wird als Kavitation bezeichnet.

Bei beginnender "Implosion" der Dampfblasen in Wandnähe bilden sich Einbuchtungen an der der Wand abgewandten Seite. Mit zunehmender Einbuchtung bildet sich ein Mikrostrahl der Flüssigkeit, der gegen die Wand gerichtet, auf der Wandoberfläche mit hoher Geschwindigkeit auft trifft und sie hierdurch örtlich zerstört.

Bei Pumpen mit stationärer Drehzahl können die Strömungsverhältnisse so eingestellt werden, daß die von Vordruck, Temperatur und Sintflutgrenze des Fördermediums, Strömungsgeschwindigkeit und der Geometrie der Pumpe abhängigen Eintrittsbedingungen für Kavitation zu deren Vermeidung berücksichtigt werden. Hierzu wird üblicherweise eine Druck- beziehungsweise Differenzdruckmessung oder eine Durchflußmessung zur Bestimmung des kritischen Betriebszustandes installiert.

Demgegenüber ist eine einfache Bestimmung des Betriebszustandes durch einen Druck- oder Durchflußmessung bei drehzahlgeregelten Pumpen, insbesondere bei drehzahlgeregelten Kreiselpumpen, bei denen Kavitation vorauswiese in Schaufelkanaleneintritt auftreten kann, zur Errichtung des Kavitationszustandes nicht ausreichend. Bei Veränderung des Fördervolumens fällt bei drehzahlgeregelten Pumpen die Drehzahl unter die Auslegungsdrehzahl, so daß aufgrund der einhergehenden Veränderung der Strömungsverhältnisse örtliche Druckstöße auftreten können, die schon bei relativ niedrigen Förderströmen Kavitation hervorrufen. Zwar ist bekannt, daß zur Vermeidung beziehungsweise Einschränkung möglicher Kavitation in Kreiselpumpen am Laufrad ein statischer Überdruck über den Dampfdruck herstellen muß, doch ist es sehr aufwendig oder unmöglich, bei drehzahlgeregelten Pumpen über den gesamten Betriebsbereich derartige Betriebsbedingungen zu erhalten.

Als Kenngröße für den erforderlichen Drucküberschuss wird üblicherweise die Nettoenergiehöhe entsprechend dem pumpenspezifischen NPSH (Net Positive Suction Head)-Wert herangezogen, welcher ein Maß dafür ist, um wieviel die gesamte Druckhöhe in der Bezugsebene für den NPSH-Wert mindestens über der Dampfdruckhöhe des Förderfluids liegen muß, um eine einwandfreie Funktion der Pumpe mit den vorgegebenen Nenndaten für Drehzahl Druck oder Förderstrom zu gewährleisten. Die erforderliche Nettoenergiehöhe der Pumpe wird mit  $NPSH_{ref}$  und die vorhandene Nettoenergiehöhe der Anlage mit  $NPSH_{Anl}$  bezeichnet.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe

der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches mit möglichst geringem Aufwand erlaubt, eine drehzahlgeregelte Pumpe kavitationsfrei zu betreiben. Ferner soll eine Vorrichtung zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens angegeben werden.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorbehaltliche Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 Entsprechend der Erfindung ist es daher vorgesehen, daß aufgrund von ähnlichen Strömungsverhältnissen in der Pumpe unter Anwendung der Ähnlichkeitssätze affine Betriebspunkte für unterschiedliche Drehzahlen bestimmt werden, welche zu einem in Bezug auf die  $NPSH_{ref}$ -Auslegung relevanten Betriebspunkt führen. Der  $NPSH$ -Wert der Anlage dieses Referenzpunktes entspricht oder übersteigt den erforderlichen  $NPSH$ -Wert der Pumpe. Hieraus ergibt sich eine für den Einstrom von Kavitation maßgebliche Grenzkurve. Dabei liegt ein Betriebspunkt entsprechend nachfolgender Bedingungen nicht im kavitationsgefährdeten Bereich bei:

$$\frac{H_{\text{Betrieb}}}{n_{\text{Betrieb}}^2} \geq \frac{H_{\text{Referenz}}}{n_{\text{Referenz}}^2}$$

mit

25  $H_{\text{Betrieb}}$  = Förderhöhe bei Betriebsdrehzahl  
 $H_{\text{Referenz}}$  = Förderhöhe bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt  
 $n_{\text{Betrieb}}$  = Betriebsdrehzahl  
 $n_{\text{Referenz}}$  = Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt  
35 oder

$$\frac{Q_{\text{Betrieb}}}{n_{\text{Betrieb}}} \leq \frac{Q_{\text{Referenz}}}{n_{\text{Referenz}}}$$

mit

45  $Q_{\text{Betrieb}}$  = Fördermenge bei Betriebsdrehzahl  
 $Q_{\text{Referenz}}$  = Fördermenge bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt  
 $n_{\text{Betrieb}}$  = Betriebsdrehzahl  
 $n_{\text{Referenz}}$  = Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

50 Werden die obigen Bedingungen eingehalten, befindet sich die Pumpe außerhalb des kavitationsgefährdeten Bereichs. Dies wird erfundungsgemäß dadurch erreicht, daß man bei drehzahlgeregelten Pumpen anhand von betrieblichen Messungen ermittelt, ob der bei unterschiedlichen Drehzahlen erforderliche  $NPSH$ -Wert (Net Positive Suction Head) der Pumpe den vorhandenen  $NPSH$ -Wert der Anlage überschreitet.

Erfundungsgemäß werden hierbei ähnliche Strömungsverhältnisse in der Pumpe unter Anwendung der Ähnlichkeitssätze miteinander verglichen und durch Vergleich dieser affinen Betriebspunkte ermittelt, ob eine Pumpe im kavitationsgefährdeten Bereich läuft. Das bedeutet, daß man zunächst affine Betriebspunkte und deren Parameter ermittelt, diese dann mit einem für den erforderlichen  $NPSH$ -Wert der Pumpe relevanten Auslegungspunkt hinsichtlich des kavitationsgefährdeten Bereichs vergleicht und, wenn man fest-

stellt, daß sich die Pumpe im kavitationsgefährdeten Bereich befindet, die Anlagenkennlinie verändert und die Betriebsparameter dabei so festlegen, daß sich die Betriebspunkte stets außerhalb des kavitationsgefährdeten Bereichs befinden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, daß man zur Bestimmung der betrieblichen Förderhöhe  $H_{Betrieb}$  die Druckdifferenz der Pumpenvordrucks zum Druck nach der Pumpe zugrundelegt.

Eine weitere vorteilhafte Abwandlung des erfundengemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der betrieblichen Förderhöhe  $H_{Betrieb}$  der Druck nach der Pumpe gemessen wird oder daß man die Durchflußmenge mittels einer strömungsmäßig nach der Pumpe vorgesehene Durchflußmessung bestimmt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens ist mit einer in einer Rohleitung eingebundenen dreizahlregelten Pumpe, ausgerüstet mit einem Drehzahlmesser und mit einem zugeordneten Regelorgan für das Fluid, insbesondere einem Regelventil, ausgestattet. Entsprechend der zu dem Verfahren zugrundeliegenden Aufgabe soll die Vorrichtung möglichst einfach gestaltet und unproblematisch in der Handhabung sein.

Diese Aufgabe wird erfundengemäß nach einer ersten Lösungsvariante durch die Merkmale des Patentanspruchs 5 gelöst, indem der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Druckmessung des geförderten Fluide dient und strömungsmäßig vor dem Regelorgan in der Rohleitung angeordnet ist.

Nach einer zweiten Lösungsvariante wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 6 gelöst, indem der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Durchflußmessung des geförderten Mediums dient und strömungsmäßig vor dem Regelorgan in der Rohleitung angeordnet ist.

Entsprechend einer dritten Lösungsvariante wird diese Aufgabe durch Merkmale des Patentanspruchs 7 geköst, indem der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Differenzdruckmessung des Förderdrucks vor und nach der Pumpe dient und strömungsmäßig vor dem Regelorgan in der Rohleitung angeordnet ist.

Das Entscheidende bei der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, daß mit an sie bekannten und in jeder herkömmlichen Anlage vorhandenen oder zumindest nachstürzhaften Meßeinrichtungen die erforderlichen Kennwerte ermittelt werden können, anhand dorer eine sichere Beurteilung des Anlagenverhaltens möglich und ein störungsfreier Pumpenbetrieb zu gewährleisten ist.

Dies und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Anhand eines in der schematischen Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sollen die Ursprung, vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen sowie besondere Vorteile der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

Eszeigen:

Fig. 1 eine erste Variante einer erfundengemäßen Schaltungsanordnung;

Fig. 2 eine zweite Variante einer erfundengemäßen Schaltungsanordnung;

Fig. 3 eine dritte Variante einer erfundengemäßen Schaltungsanordnung;

Fig. 4 ein erstes Diagramm mit der Darstellung der Förderhöhe  $H$  über dem Förderstrom  $Q$  sowie den anlagenspezifischen und pumpenspezifischen NPSH-Werten;

Fig. 5 ein weiteres Diagramm mit einem Beispiel einer Pumpe mit der Förderhöhe  $H$  über dem Förderstrom  $Q$ , einzelnen Betriebspunkten bei unterschiedlicher Drehzahl so-

wie dem NPSH-Wert über dem Förderstrom  $Q$  und

Fig. 6 ein drittes Diagramm mit der Förderhöhe  $H$  über dem Förderstrom  $Q$  sowie einzelnen Betriebspunkten bei unterschiedlicher Drehzahl über dem Förderstrom und der 5 Kennlinie affiner Betriebspunkte (KAB).

In Fig. 1 ist ein Leitungssystem 10 mit einer darin angeordneten dreizahlregelten Pumpe 12 dargestellt; der Pumpe 12 ist ein Regelventil 14 nachgeschaltet. Mit Hilfe dieses Regelventils 14 kann das durchströmende Fluidvolumen eingestellt werden. Die Drehzahl der Pumpe 12 wird mittels eines hierzu vorgesehenen Messfühlers 16 erfaßt. Zur Ermittlung der für das erfundengemäße Verfahren benötigten Kennwerte ist die Pumpe 12 mit einem Bypass 18 versehen, der eine Meßstelle 20 zur Messung des Differenzdruckes aufnimmt. Anhand des ermittelten Differenzdruckes läßt sich mit Hilfe der Kennlinie der Pumpe unter Einbeziehung nachstehend angegebener Bedingungen.

$$20 \quad \frac{H_{Betrieb}}{n_{Betrieb}^2} \geq \frac{H_{Referenz}}{n_{Referenz}^2}$$

25 mit

$H_{Betrieb}$  = Förderhöhe bei Betriebsdrehzahl

$H_{Referenz}$  = Förderhöhe bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

$n_{Betrieb}$  = Betriebsdrehzahl

30  $n_{Referenz}$  = Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

oder

35

$$\frac{Q_{Betrieb}}{n_{Betrieb}} \leq \frac{Q_{Referenz}}{n_{Referenz}}$$

mit

$Q_{Betrieb}$  = Fördermenge bei Betriebsdrehzahl

$Q_{Referenz}$  = Fördermenge bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

$n_{Betrieb}$  = Betriebsdrehzahl

40  $n_{Referenz}$  = Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

feststellen, ob der jeweilige Betriebspunkt im kavitationsgefährdeten Bereich der Kennlinie liegt oder nicht.

Anstelle der Differenzdruckmessung gemäß Fig. 1 kann auch entsprechend Fig. 2 eine Messung des strömungsmäßig hinter der Pumpe herrschenden Druckes vorgesehen sein, wobei prinzipiell die gleiche Vorgehensweise - wie zuvor für Fig. 1 beschrieben - anzuwenden ist.

In Fig. 3 schließlich ist eine dritte Lösungsvariante einer erfundengemäßen Vorrichtung dargestellt, bei welcher an Stelle einer Druckmessung der durchströmende Volumenstrom mittels Durchflussmessung ermittelt wird. Die übrigen Komponenten sind, wie auch bei der Variante gemäß Fig. 2, mit der in Fig. 1 gezeigten und erläuterten Anordnung identisch.

In Fig. 4 sind in einem ersten Diagramm die Förderhöhe  $H$  über dem Förderstrom  $Q$  sowie anlagenspezifische und pumpenspezifische NPSH-Werte für eine bestimmte Anlage 45 10 mit einer bestimmten dreizahlregelten Pumpe 12 für eine Drehzahl grafisch dargestellt. Aus dieser empirisch ge-

wonnenen Darstellung kann für den Betrieb der betreffenden Anlage die Kavitationsgefährdung der Pumpe beziehungsweise können die Grenzen deren kavitationsgefährdeten Betrieb abgelesen werden. Zur Ermittlung, ob eine Pumpe im Kavitationsgefährdeten Bereich betrieben wird, ist zunächst die Q-H-Kennlinie für eine bestimmte Drehzahl aufgetragen. Zusätzlich werden die NPSH-Werte der Anlage für die Förderströme ermittelt und in das Diagramm einge tragen sowie die entsprechenden erforderlichen Werte der Pumpe. Hieraus ergibt sich das in Fig. 4 gezeigte Diagramm. Die Darstellung zeigt, daß alle Betriebspunkte an einem bestimmten Förderstrom, der durch den Schnittpunkt der Kennlinie des in der Anlage vorhandenen NPSH-Wertes mit der Kurve der pumpenspezifischen NPSH-Werte definiert ist, kavitationsgefährdet sind. Im Betrieb kann durch Messen der Förderhöhe oder Fördermenge bestimmt werden (siehe Q-H-Kennlinie), ob die Pumpe im kavitationsgefährdeten Bereich betrieben wird.

In Fig. 5 ist ein Diagramm für Q-H- sowie mit NPSH-Kennlinien dargestellt. Dabei ist zunächst je eine Q-H-Kennlinie für zwei Pumpendrehzahlen  $n_1 = 1500 \text{ min}^{-1}$  und  $n_2 = 1000 \text{ min}^{-1}$  aufgetragen sowie für jede den Drehzahlen entsprechenden Kennlinie für die pumpenspezifischen NPSH-Werte. Ferner ist eine Kennlinie des in der betreffenden Anlage vorhandenen NPSH-Wertes vereinfacht als horizontal verlaufende Gerade aufgetragen, so daß man anhand dieser für eine konkrete Anlage gültigen Werte eine verlässliche Aussage zum Kavitationsverhalten machen kann. Mit beispielweise bei der Drehzahl  $n_2 = 1000 \text{ min}^{-1}$  einen Durchfluß von  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  (entsprechend Punkt  $b_2$  in Fig. 5 und 6), so ist der affine Betriebspunkt bei  $n_1 = 1500 \text{ min}^{-1}$  bei  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  (entsprechend Punkt  $a_1$  in Fig. 5 und 6). Beide Punkte befinden sich nicht im kavitationsgefährdeten Bereich.

Würde man hingegen bei der Drehzahl  $n_2 = 1000 \text{ min}^{-1}$  einen Durchfluß von  $65 \text{ m}^3/\text{h}$  (entsprechend Punkt  $b_2$  in Fig. 5 und 6), so ist der affine Betriebspunkt bei  $n_1 = 1500 \text{ min}^{-1}$  bei  $97.5 \text{ m}^3/\text{h}$  (entsprechend Punkt  $b_1$  in Fig. 5 und 6).

Während der Punkt  $b_2$  wegen NPSH-Überdeckung NPSH-frei, noch nicht im kavitationsgefährdeten Bereich liegt, ist  $40$  der Punkt  $b_1$  bereits im Kavitationsbereich, wobei geringe Durchflussverhöhlungen beim Punkt  $b_2$  dazu führen können, daß der erforderliche NPSH-Wert den vorhandenen anlagenspezifischen NPSH-Wert übersteigt und auch der Betriebspunkt  $b_2$  kavitationsbedroht ist. Dies hängt damit zusammen, daß der Anstieg des den erforderlichen NPSH-Wert anzeigen den Kennlinie mit zunehmender Fördermenge immer stärker und der Verlauf der Kennlinie immer steiler wird. Diese Veränderung in der Steigung der erforderlichen NPSH-Werte einer Pumpe gilt für alle ihre Betriebspunkte. Will man also ermitteln, ob eine Pumpe in den kavitationsgefährdeten Bereich kommt, so sind folglich die affinen Betriebspunkte zu ermitteln, bei denen Kavitation beginnt (siehe Fig. 6 linke KAB). Ermittelt man durch Messungen die Förderhöhe  $H$  oder die Fördermenge  $Q$ , so läßt sich einfach bestimmen, ob der Betriebspunkt links oder rechts vom Schnittpunkt der Q-H-Linie mit der Linie des für den NPSH-Wert relevanten Auslegungspunktes affinen Betriebspunktes liegt. Damit kann eine Aussage getroffen werden, ob der Betriebspunkt kavitationsgefährdet ist (links von Schnittpunkt entspricht keiner Kavitationsgefährdung siehe Fig. 6).

In Fig. 6 ist je eine Q-H-Kennlinie für die Pumpendrehzahlen  $n_1 = 1500 \text{ min}^{-1}$  und  $n_2 = 1000 \text{ min}^{-1}$  aufgetragen sowie eine Kennlinie affiner Betriebspunkte KAB, welche die beiden Drehzahlkennlinien schneidet. Aus dieser Darstellung läßt sich einerseits der zu einer bestimmten Pumpendrehzahl und einer bestimmten Förderhöhe zugehörige För

derstrom ablesen. Ferner läßt sich mit Hilfe der Kennlinie der für die Auslegung der Pumpe bezüglich des NPSH-Wertes relevanten affinen Betriebspunkts ablesen, ob ein gewählter Betriebspunkt – wie oben beschrieben – im kavitationsgefährdeten Bereich liegt oder nicht.

Ergibt sich aus dem vorstehend erläuterten Vergleich, daß eine Kavitationsgefährdung besteht, so muß der Betriebspunkt, beispielsweise durch Verzinsen des Förderstromes durch Andrösseln eines Regelventils, so verschoben werden, bis er nicht mehr im kavitationsgefährdeten Bereich liegt.

#### Patientansprüche

1. Verfahren zum Kavitationschutz einer drehzahlge regelten Pumpe, deren auf eine nach ISO 2548 defi nierte Bezugsebene bezogene erforderliche pumpenspezifische Nettoenergiehöhe (NPSH<sub>ref</sub>) aus betriebli chen Messungen abgeschätzt wird, wobei ein Über schreiten dieser erforderlichen, pumpenspezifischen Nettoenergiehöhe (NPSH<sub>ref</sub>) gegenüber der in der An lage vorhandenen Nettoenergiehöhe (NPSH<sub>vorh</sub>), bezo gen auf die gleiche Bezugsebene, Kavitation hervor ruft, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsver hältnisse bei Betriebsdrehzahl im Betriebspunkt der Pumpe unter Verwendung der Ähnlichkeitsgesetze mit den Strömungsverhältnissen eines für die Auslegung bezüglich des NPSH-Wertes relevanten Punktes verglichen werden, daß ermittelt wird, ob die erforderliche pumpenspezifische Nettoenergiehöhe (NPSH<sub>ref</sub>) die in der Anlage vorhandene Nettoenergiehöhe (NPSH<sub>vorh</sub>) übersteigt und daß die Förderhöhe bzw. Fördermenge der Pumpe in Abhängigkeit von der Drehzahl entspre chend einer der beiden nachfolgenden Bedingungen eingestellt wird

$$\frac{H_{\text{Betrieb}}}{n_{\text{Betrieb}}} \geq \frac{H_{\text{Referenz}}}{n_{\text{Referenz}}}$$

mit

$H_{\text{Betrieb}}$  = Förderhöhe bei Betriebsdrehzahl

$n_{\text{Referenz}}$  = Förderhöhe bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

$n_{\text{Betrieb}}$  = Betriebsdrehzahl

$n_{\text{Referenz}}$  = Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

oder

$$\frac{Q_{\text{Betrieb}}}{n_{\text{Betrieb}}} \leq \frac{Q_{\text{Referenz}}}{n_{\text{Referenz}}}$$

mit

$Q_{\text{Betrieb}}$  = Fördermenge bei Betriebsdrehzahl

$n_{\text{Referenz}}$  = Fördermenge bei der Drehzahl, bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

$n_{\text{Betrieb}}$  = Betriebsdrehzahl

$n_{\text{Referenz}}$  = Drehzahl bei welcher im Referenzpunkt Kavitation beginnt

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich net, daß zur Bestimmung der betrieblichen Förderhöhe  $H_{\text{Betrieb}}$  die Druckdifferenz des Pumpenvordrucks zum

Pumpendruck nach der Pumpe bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der betrieblichen Förderhöhe  $H_{betrieb}$  der Druck nach der Pumpe gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der betrieblichen Fördermenge  $Q_{betrieb}$  eine Durchflußmessung im Leitungsteil erfolgt.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche mit einer in eine Rohrleitung eingebundenen drehzahlgeregelten Pumpe und einem zugeordneten Regelorgan, insbesondere Regelventil, dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Druckmessung des geförderten Mediums dient.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche mit einer in eine Rohrleitung eingebundenen drehzahlgeregelten Pumpe und einem zugeordneten Regelorgan, insbesondere Regelventil, dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Durchflußmessung des geförderten Mediums dient.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche mit einer in eine Rohrleitung eingebundenen drehzahlgeregelten Pumpe und einem zugeordneten Regelorgan, insbesondere Regelventil, dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpe eine Meßstelle zugeordnet ist, welche zur Messung des Differenzdrucks zwischen dem Druck vor der Pumpe und dem Druck nach der Pumpe dient.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

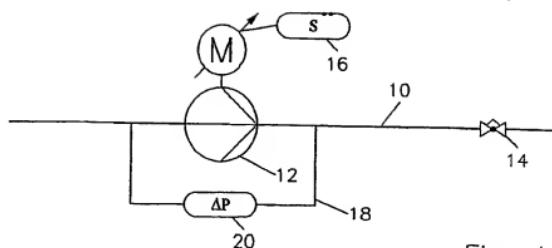


Fig. 1

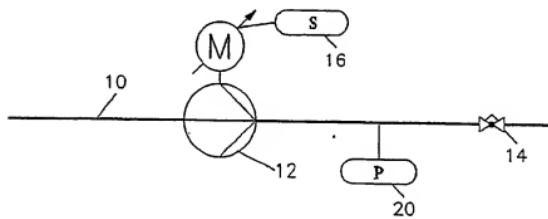


Fig. 2

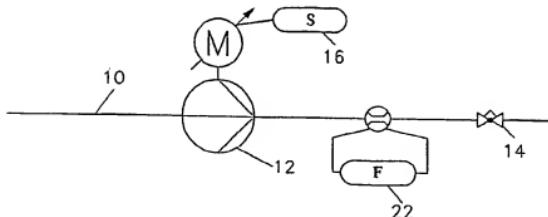


Fig. 3

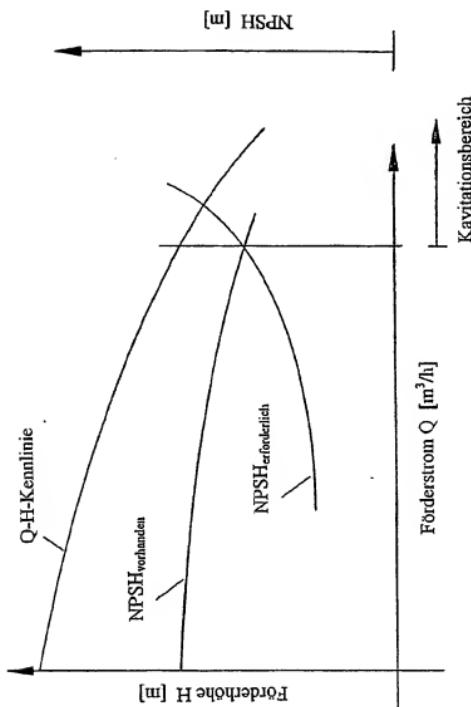


Fig. 4

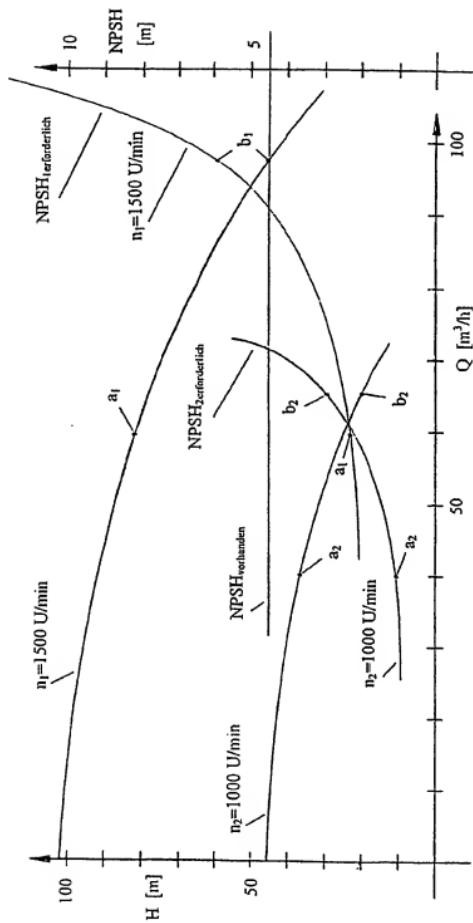


Fig. 5

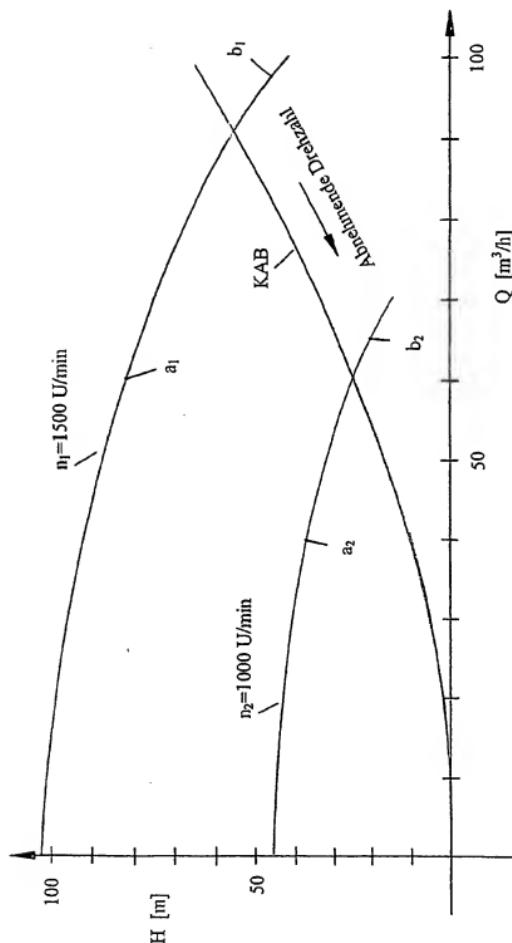


FIG. 6

## Verfahren zur Überprüfung einer Anlage

Publication number: DE19938490

Also published as:

Publication date: 2001-03-01

WO0113205 (A1)

Inventor: BUUR JACOB (DK)

Applicant: DANFOSS AS (DK)

Classification:

- International: G07C3/12; G07C3/00; (IPC1-7): G07C3/12; G01D7/00;  
G01M15/00; G09G3/00

- European: G07C3/12

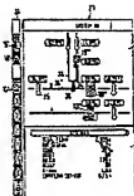
Application number: DE19991038490 19990813

Priority number(s): DE19991038490 19990813

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19938490

The invention relates to a method for monitoring an installation with several components (10', 16', 18') which are connected to each other. Components are graphically displayed on a display (32) and in an installation schema. The aim of the invention is to improve the possibility of diagnosis. To this end, one assembles the installation schema oneself by choosing only the interesting components.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 199 38 490.8

(22) Anmeldetag: 13.08.1999

(43) Offenlegungstag: 01.03.2001

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21.04.2005

(51) Int Cl<sup>7</sup>: G07C 3/12

G09G 3/00, G01M 15/00, G01D 7/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
Danfoss Drives A/S, Graasten, DK

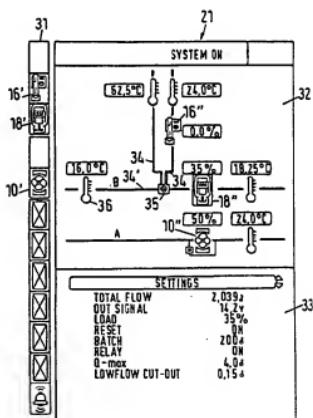
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
VDI/VDE 3699 August 97, Blatt 35.1-22;  
Bedien- und Beobachtungssystem, Software §  
Siemens  
Ausgabe 1, Sept. 97, S. 39-42;

(74) Vertreter:  
U. Knoblauch und Kollegen, 60322 Frankfurt

(72) Erfinder:  
Buur, Jacob, Sydals, DK

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Überprüfung einer Anlage

(57) Hauplanspruch: Verfahren zur Überprüfung einer Anlage mit mehreren Komponenten in unterschiedlichen Gruppen, die miteinander in Verbindung stehen, bei dem Komponenten graphisch in einem Anlagenschema auf einer Anzeigenvorrichtung mit einer ersten Anzeigefläche und einer zweiten Anzeigefläche angezeigt werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bediener das Anlagenschema durch Auswahl lediglich der interessierenden Komponenten, die zu unterschiedlichen Gruppen gehören, aus einem in der ersten Anzeigefläche dargestellten Symbolvorrat auf der zweiten Anzeigefläche selbst zusammenstellt.



**Beschreibung**

wenderspezifisch zu gestalten.

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung einer Anlage mit mehreren Komponenten in unterschiedlichen Gruppen, die miteinander in Verbindung stehen, bei dem Komponenten graphisch in einem Anlagenschema auf einer Anzeigevorrichtung mit einer ersten Anzeigefläche und einer zweiten Anzeigefläche angezeigt werden.

**Stand der Technik**

**[0002]** In VDI/VDE 3699 Blatt 3, "Prozeßführung mit Bildschirmen, Fließbilder" sind Regeln und Empfehlungen enthalten zur Darstellung von verfahrens- und leittechnischen Fließbildern auf Bildschirmen zur Prozeßführung. Außerdem können mit den Fließbildern auf Bildschirmen Eingriffe in den Prozeß vorgenommen werden. Je nach Detaillierungsgrad eines dargestellten Fließbildes wird zwischen verschiedenen Hierarchieebenen unterschieden. Bei großen Anlagen mit komplexen Steuerungen oder Regelungen wird zur übersichtlichen Präsentation der Informationen eine stärkere Ausprägung der Hierarchieebenen erforderlich.

**[0003]** Viele heute verwendete Fabrikationsanlagen weisen eine Vielzahl von Komponenten auf, die auf die eine oder andere Weise miteinander in Verbindung stehen und die sich gegebenenfalls gegenseitig beeinflussen können. Die Überprüfung einer derartigen Anlage, d.h. die Überwachung und Fehlersuche, kann unter Umständen relativ aufwendig sein.

**[0004]** Es ist hierbei bekannt, das Anlagenschema auf einer Anzeigefläche darzustellen, beispielsweise einem Bildschirm, wobei an jeder Anlagenkomponente bestimmte Parameter angezeigt werden, von denen man sich einen gewissen Wert bei der Diagnose der Anlage verspricht. Derartige Parameter können beispielsweise Temperaturen, Öldruck, Versorgungsspannung, Schließstellung oder Ähnliches sein. Je komplexer die Anlagen werden, desto schwieriger wird es, die Übersicht zu behalten. Die Auswahl von Ausschnitten, die dann auf dem Bildschirm oder einer anderen Anzeigefläche dargestellt werden, hat oft den Nachteil, daß die gegenseitige Abhängigkeit von Komponenten nicht mehr beobachtet werden kann.

**[0005]** In "Bedien- und Beobachtungssystem" aus "Software@Siemens", Ausgabe 1, September 1997, Seiten 39-42 ist ein System zur Bedienung und Beobachtung von Anlagen beschrieben, bei dem fertige Applikationsbausteine in ein Anlagenbild eingebaut werden können, über die beispielsweise auch ein Informationsaustausch via Internet möglich ist. Außerdem bietet das System neben dem Zugriff auf eine Funktionsbibliothek auch über Programmierschnittstellen die Möglichkeiten, die Systemfunktionen an-

**Aufgabenstellung**

**[0006]** Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, die Diagnosemöglichkeiten zu verbessern.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß PA 1 gelöst. Ein Bediener stellt das Anlagenschema durch Auswahl lediglich der interessierenden Komponenten, die zu unterschiedlichen Gruppen gehören, aus einem in der ersten Anzeigefläche dargestellten Symbolvorrat auf der zweiten Anzeigefläche selbst zusammen.

**[0008]** Damit wird es auf relativ einfache Weise möglich, den Überblick zu behalten und sich trotzdem alle interessierenden Komponenten mit ihren jeweils relevanten Parametern anzeigen zu lassen. Alle Komponenten, die man im Augenblick nicht unmittelbar untersuchen möchte, kann man weglassen. Dementsprechend ist es möglich, auch auf einer relativ kleinen Anzeigefläche die gewünschte Zuordnung aufzubauen und sich anzeigen zu lassen. Die Anzeige ist sozusagen "maßgeschneidert". Da die einzelnen Komponenten in einer ersten Anzeigefläche als Symbolvorrat dargestellt werden, aus dem sie auswählbar sind, werden also nach wie vor eine Vielzahl von Komponenten bereithalten. Der hierzu verwendete Vorrat hat aber im Grunde nur die Form einer Liste, aus der die jeweils interessierenden Komponenten ausgewählt werden können. Zur Vereinfachung sind die Komponenten als Symbole dargestellt, die auch als "Icons" bezeichnet werden. Ein derartiges Symbol kann natürlich auch Klartext enthalten oder durch Klartext gebildet sein. Die Auswahl erfolgt zweckmäßigerweise über einen berührungsempfindlichen Bildschirm, eine sogenannte "Touch Screen". Der Benutzer muß lediglich das gewünschte Symbol antippen oder mit einem Zeiger, beispielsweise einer Maus, anklicken, um es auszuwählen.

**[0009]** Es ist von Vorteil, wenn ein Symbolvorrat durch einen Benutzer zusammengestellt wird, indem er Codes aus den jeweiligen Komponenten oder in deren Nähe einliest. Der Benutzer kann hierbei direkt an die interessierenden Komponenten gehen und liest diese mittels eines Codes ein. Er navigiert sozusagen mit den Füßen. Der Vorteil liegt darin, daß der Benutzer keinen genauen Plan der Anlage benötigt. Er ist vielmehr physisch bei den interessierenden Komponenten anwesend.

**[0010]** Hierbei ist bevorzugt, daß die ausgewählten Komponenten auf einer zweiten Anzeigefläche in räumlicher und/oder funktionaler Zuordnung dargestellt werden. Diese Zuordnung erfolgt automatisch aufgrund gespeicherter Daten. Man kann dann auf einfache Art und Weise kontrollieren, wie sich eine Komponente verhält, wenn sich eine andere Kompo-

nente, die in räumlicher und/oder funktionaler Nachbarschaft angeordnet ist, ändert. Auf diese Weise lassen sich viele Störungen erkennen und gegebenenfalls auch beseitigen.

[0011] Vorzugsweise werden die erste und die zweite Anzeigefläche als Fenster in einer Anzeigevorrichtung dargestellt. Dies vereinfacht die Konfiguration. Beispielsweise können die Komponenten in einem ersten Fenster, das als Streifen am Rande der Anzeigevorrichtung angeordnet ist, aufgelistet werden. Durch Antippen oder Anklicken überträgt man dann die jeweilige Komponente in das zweite Fenster. Bei dieser Konfiguration kann man sofort sehen, ob man die richtige Komponente ausgewählt hat. Die Komponenten werden nämlich auf der zweiten Anzeigefläche mit ihren jeweiligen Anschlüssen und zumindest schematisch mit ihrer jeweiligen räumlichen Zuordnung so dargestellt, wie sie in der realen Anlage angeordnet sind.

[0012] Bevorzugterweise kann man einzelne Komponenten über eine Auswahl in der zweiten Anzeigefläche in Funktion setzen. Damit kann man gezielt überprüfen, ob eine Komponente eine andere Komponente beeinflusst. Wenn man einen derartigen Verdacht hat, dann konfiguriert man die Anzeige so, daß diese beiden Komponenten, (und gegebenenfalls weitere interessierende Komponenten) auf der Anzeigefläche erscheinen. Wenn man die eine Komponente in Betrieb setzt, beispielsweise einen Kompressor startet, dann kann man anhand der relevanten Daten einer anderen Komponente erkennen, ob sich hier gewisse Unregelmäßigkeiten ergeben.

[0013] Vorzugsweise stellt man für einzelne Komponenten in einer dritten Anzeigefläche Zeitverläufe vorbestimmter Parameter von ausgewählten Komponenten dar. Damit geht man von einer rein statischen Betrachtungsweise, bei der immer nur Momentaufnahmen angezeigt werden, über zu einer Zeitverlaufs-Betrachtung, bei der beispielsweise in Form eines Graphen der zeitliche Verlauf eines Parameters dargestellt werden kann. Hier kann man dann Unregelmäßigkeiten oder Anomalien besser erkennen.

[0014] Vorzugsweise werden Identifikationsinformationen über Codes bereithalten, die den einzelnen Komponenten räumlich zugeordnet sind, und Konfigurationsinformationen werden über einzelne Komponenten von der jeweiligen Komponente selbst oder über eine Zentraleinheit in einer Verarbeitungseinrichtung eingelesen. Erfindungsgemäß wird zwischen Identifikationsinformation ("Ich bin Lüfter Nr. 3 und stehe in Halle 7") und Konfigurationsinformation (Status, Parameterwerte etc.) unterschieden. Die Identifikationsinformation ist der Komponente auch räumlich zugeordnet, d.h. der entsprechende Code befindet sich an der Komponente oder jedenfalls in deren Nähe. Konfigurationsinformationen, d.h. Infor-

mationen über Status, Parameterwerte etc. werden hingegen von der Komponente selbst oder über eine Zentraleinheit geliefert. Die Verarbeitungseinrichtung trägt die Anzeigefläche. Es kann sich beispielsweise um einen tragbaren Computer, einen Laptop oder um einen PDA (Personal digital Assistant, erhältlich unter der Bezeichnung "Newton" von der Firma Apple) handeln. Die gewünschten Codes können auf vielfältige Weise an den einzelnen Komponenten bereithalten werden. Beispielsweise kann jede Komponente einen Speicher aufweisen, der die gewünschten Informationen enthält, die dann vom Speicher der Komponente in den Speicher der Verarbeitungseinrichtung übertragen werden. Die Codes können auch über einen Strichcode oder über einen Klarertextcode, der maschinenlesbar ist, bereithalten werden. Die Verarbeitungseinrichtung müßte dann eine entsprechende Leseeinrichtung, beispielsweise einen Lichtgriffel oder "Lightpen" aufweisen. Zur Übertragung der Konfigurationsinformation kann man auch Möglichkeiten vorsehen, die Verarbeitungseinrichtung mit einem Bus zu verbinden, der mit einer Zentraleinheit gekoppelt ist. Hier kann dann die Zentraleinheit entweder die entsprechenden Informationen von den Komponenten abrufen, oder sie kann bereits die Komponenten-Informationen gespeichert haben, um sie dann an die Verarbeitungseinrichtung zu übertragen.

#### Ausführungsbeispiel

[0015] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung näher beschrieben. Hierin zeigen:

[0016] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Fabrik anlage mit einzelnen Komponenten,

[0017] Fig. 2 eine Anzeigevorrichtung mit zwei Fenstern und

[0018] Fig. 3 die Anzeigevorrichtung mit einer anderen Fensteraufteilung.

[0019] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Fabrik anlage 1 mit einer zentralen Steuerung 2, die über einen Kommunikationsbus 3, 4 zwei unterschiedliche Stränge A, B der Fabrik anlage 1 steuert. Es handelt sich zum einen um ein Ventilations- und Kühl system 5 und zum anderen um eine Produktionslinie 6. Zwischen der zentralen Steuerung 2 und den einzelnen Linien sind noch speicherprogrammierbare Steuerungen 7, 8 angeordnet, die dezentrale Verwaltungsaufgaben übernehmen können.

[0020] Das Ventilations- und Kühl system 5 weist im vorliegenden Fall einen Kondensatorlüfter 10, einen Verdampferlüfter 11, ein Expansionsventil 12 und einen Temperatursensor 13 auf. Zur leichteren Erläute-

rung wird diese Komponentengruppe auch als Gruppe A bezeichnet.

[0021] Die andere Seite, die über den Kommunikationsbus 4 gesteuert wird, wird als Gruppe B bezeichnet und weist einen Frequenzumrichter 15, ein Motorventil 16, einen Elektromotor 17, einen Durchflussmesser 18, einen Temperatursensor 19 und einen Drucksensor 14 auf.

[0022] Zur Diagnose der Anlage 1 wird eine Verarbeitungseinrichtung 20 verwendet, die eine Anzeigevorrichtung 21 aufweist. Bei der Verarbeitungseinrichtung 20 kann es sich um einen tragbaren Computer, beispielsweise einen Laptop, handeln, bei dem die Anzeigevorrichtung 21 durch den Bildschirm gebildet wird. Es kann sich aber auch um eine PDA-Einheit handeln (Personal Digital Assistant), die beispielsweise unter der Bezeichnung "Newton" von der Firma Apple vertrieben wird. Hier wird die Anzeigevorrichtung 21 ebenfalls durch ein Display gebildet, das eine graphische Benutzeroberfläche darstellt.

[0023] Die Verarbeitungseinrichtung 20 kann mit einem Kommunikationspunkt 22 am Kommunikationsbus 4 verbunden werden, und zwar mit Hilfe eines Kabels 23. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Verarbeitungseinrichtung 20 über ein Kabel 24 mit einem Kommunikationspunkt 25 am Motorventil 16 angeschlossen werden. Für die Datenübertragung zwischen den Kommunikationspunkten 22, 25 und der Verarbeitungseinrichtung 20 können herkömmliche und bekannte serielle Protokolle verwendet werden, wie RS232C, LONWorks-Bus, Profibus oder andere Standards.

[0024] Schematisch ist dargestellt, daß die Kommunikation mit Komponenten oder den Kommunikationsbussen 3, 4 auch anders ablaufen kann, beispielsweise über eine Antenne, mit Hilfe von Funksignalen 26 oder mit Hilfe einer Infrarotübertragung 27.

[0025] Fig. 2 zeigt nun die Anzeige 21. Die Anzeige 21 ist aufgeteilt in mehrere Fenster 31, 32, 33. Das erste Fenster 31 bildet hierbei eine erste Anzeigefläche, in der übereinander mehrere Symbole oder "Icons" dargestellt sind. Aus Gründen der Übersicht ist lediglich das Symbol 16' des Motorventils, das Symbol 18' des Durchflusßmeßgeräts und das Symbol 10' des Kondensatorlüfters dargestellt. Auf den darunter angeordneten Plätzen können nach Bedarf die Symbole der übrigen Komponenten 9-19 angeordnet werden.

[0026] Sobald ein Symbol 16', 18', 10' in dem Fenster 31 erscheint, ist gewährleistet, daß in der Verarbeitungseinrichtung 20 die Informationen über die entsprechende Komponente in der Anlage 1 zur Verfügung steht. Derartige Informationen betreffen beispielsweise die Anschlußverbindungen, d.h. die In-

formationen darüber, mit welcher anderen Komponente die entsprechende Komponente verbunden ist und gegebenenfalls auch auf welche Weise. Sie beinhalten sozusagen Informationen über die örtliche Regelschleife. Ferner beinhaltet die Information die anzeigbaren und gegebenenfalls einstellbaren Parameter, beispielsweise die Temperatur, den Anteil am maximalen Durchfluß, etc.

[0027] Schließlich ist auch die räumliche Zuordnung der Komponenten zueinander mitgespeichert.

[0028] Die Informationen können entweder von der Zentraleinheit 2 über den Kommunikationsbus 3, 4 abgerufen werden. Sie können aber auch direkt an den einzelnen Komponenten vorhanden sein. Zur Identifikation der interessierenden Komponenten ist beispielsweise am Kondensatorlüfter 10 ein Strichcode 28 eingezeichnet, der mit Hilfe eines Lesestiftes 29 in die Verarbeitungseinrichtung 20 eingelesen werden kann. Es ist genauso gut denkbar, daß ein Code in maschinenlesbarem Klartext auf der Außenseite einer Komponente angeordnet ist oder sich auf einem Magnetstreifen findet oder in einem Halbleiter Speicher oder auf andere Weise vorrätig gehalten wird.

[0029] Wenn nun der Bediener die Zuordnung und die gegenseitige Beeinflussung von einzelnen Komponenten untersuchen möchte, dann liest er die entsprechenden Identifikationsinformationen (Codes) zunächst in die Verarbeitungseinrichtung 20 ein. Gegebenenfalls ist diese Information aber auch aus früheren Diagnosevorgängen in der Verarbeitungseinrichtung 20 vorhanden, die zu diesem Zweck einen nicht flüchtigen Speicher aufweisen kann.

[0030] Die Anzeigeeinrichtung 21 ist als berührungsempfindlicher Bildschirm ausgebildet, der auch als "Touch Screen" bezeichnet wird. Wenn der Bediener eine Diagnose durchführen möchte, dann wählt er in dem Fenster 31 die interessierenden Komponenten aus, beispielsweise dadurch, daß er sie auf dem Bildschirm antippt. Er wählt hierbei nur die Komponenten aus, die für ihn von Interesse sind, das heißt, er braucht nicht das gesamte komplizierte Anlagendiagramm zu untersuchen.

[0031] Im Fenster 32 ergibt sich nun die Darstellung der interessierenden Komponenten, bei denen die Bezugszeichen aus Fig. 1 verwendet werden, ergänzt um ein".

[0032] Nachdem der Bediener sich sein "persönliches" oder "maßgeschneidertes" Diagramm geschaffen hat, schließt er sich, falls noch nicht geschehen, an die Kommunikationspunkte 22 oder 25 an und startet die Diagnose, beispielsweise dadurch, daß er eine Taste "On-Line" (nicht gezeigt) an der Verarbeitungseinrichtung 20 drückt.

[0033] Die Verarbeitungseinrichtung 20 erhält nun Konfigurationsinformationen (Status- und Parameterwerte) von den ausgewählten Komponenten, die dann in der unmittelbaren Nähe der Komponenten im Fenster 32 angezeigt werden. Der Bediener erhält nun ein einfaches Prozeßdiagramm, das aber lediglich die ihn interessierenden Komponenten und die dazugehörigen Parameter enthält. Dies soll am nachfolgenden Beispiel näher erläutert werden.

[0034] Der Bediener hat periodische Ausfälle auf dem Durchflußmessergerät 18 in der Gruppe B beobachtet. Das Durchflußmessergerät 18 ist physisch (räumlich) in der Anlage in der Nähe des Motors des Kondensatorlüfters 10 angeordnet, der allerdings zur Gruppe A gehört. Der Bediener hat nun den Verdacht, daß das periodische Ein- und Ausschalten des Motors des Kondensatorlüfters die Ausfälle am Durchflußmesser verursacht, möglicherweise durch eine elektromagnetische Kopplung. Obwohl die beiden Komponenten 10, 18 zu ganz unterschiedlichen Kommunikationsbussen 3, 4 und zu unterschiedlichen Gruppen A, B gehören, ganz unterschiedliche Gerätetypen sind und verschiedene Aufgaben erfüllen, kann er sie auf die geschilderte Art und Weise in dem in Fig. 2 dargestellten AnlagenDiagramm unterbringen und die entsprechenden Status- und Parameterwerte ablesen.

[0035] Im Fenster 31 liegen die graphischen Symbole der vom Benutzer ausgewählten Anlagenkomponenten, die der Bediener einfach antippen kann. Wenn er die Komponente 18' auswählt, dann wird diese Komponente 18' im Fenster 32 dargestellt. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, daß man zusätzlich noch eine Taste "Überführen" drückt, was allerdings nicht dargestellt ist. Es ist erkennbar, daß aber nicht nur das entsprechende Symbol 18' des Durchflußmessers im Diagramm im Fenster 32 dargestellt wird, sondern auch die dazugehörigen Grunddaten dieser Komponente 18, d.h. Informationen über seine Position in der Gruppe B und Informationen darüber, welche Werte angezeigt werden können. Da es sich im vorliegenden Fall um einen Durchflußmesser handelt, wird der Durchfluß in Prozent des Maximaldurchflusses angegeben. Der Bediener wählt auch noch das Motorventil 16 über das Symbol 16' aus, das dann als Symbol 16" ebenfalls im Fenster 32 angezeigt wird. Gleichzeitig bilden sich im Fenster 32 die entsprechenden Verbindungen aus, nämlich Leitungen 34 und ein Summationspunkt 35. Es ist also ersichtlich, daß nicht nur ein graphisches Symbol angezeigt wird, sondern auch die Verknüpfungen der entsprechenden Leitungen des Motorventils und des Durchflußmessers im Prozeßverlauf. Es ist aber ebenfalls erkennbar, daß nur die entsprechenden Komponenten angezeigt werden.

[0036] Der Bediener überträgt nun noch den Motor 10 durch Antippen des Symbols 10' in das Fenster

32, wo er als Symbol 10" dargestellt wird. Gleichzeitig wird hier eine Linie dargestellt um anzusehen, daß sich dieses Symbol 10" zur Gruppe A zählen läßt.

[0037] Schließlich werden noch einige Temperaturdaten 36 angezeigt.

[0038] Um seine Störungshypothese zu bestätigen oder zu entkräften, kann der Bediener jetzt Startsignale von der Verarbeitungseinrichtung 21 zum Motor 10 abgeben und gleichzeitig die zum Durchflußmesser gehörenden Parameterwerte ablesen um zu sehen, ob ein Zusammenhang zwischen dem Startzeitpunkt des Motors und dem Ausfall des Durchflußmessers 18 besteht. Im Fenster 32 ist der Durchflußmesser 18" mit einem Rahmen angezeigt. Das bedeutet, daß Daten, die in einem Datenfenster 33 angezeigt werden, Status- und Parameterwerte dieses Durchflußmessers 18" sind. Beim nochmaligen Anwählen des Durchflußmessers 18 erscheint eine neue Anzeige (Fig. 3), die eine Kurve zeigt, die den Durchfluß über der Zeit angibt. Gegebenenfalls kann man hier auch noch den Startzeitpunkt des Motors 10 anzeigen lassen. Der Motor 10 kann beispielsweise dadurch in Betrieb genommen werden, daß das Symbol 10" auf dem Fenster 32 angetipt wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung einer Anlage mit mehreren Komponenten in unterschiedlichen Gruppen, die miteinander in Verbindung stehen, bei dem Komponenten graphisch in einem Anlagenschema auf einer Anzeigenvorrichtung mit einer ersten Anzeigefläche und einer zweiten Anzeigefläche angezeigt werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bediener das Anlagenschema durch Auswahl lediglich der interessierenden Komponenten, die zu unterschiedlichen Gruppen gehören, aus einem in der ersten Anzeigefläche dargestellten Symbolvorrat auf der zweiten Anzeigefläche selbst zusammenstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Symbolvorrat durch einen Benutzer zusammengestellt wird, indem er Codes aus den jeweiligen Komponenten oder in deren Nähe einliest.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ausgewählten Komponenten auf der zweiten Anzeigefläche in räumlicher und/oder funktionaler Zuordnung dargestellt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Anzeigefläche als Fenster in einer Anzeigenvorrichtung dargestellt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß man einzelne Komponenten

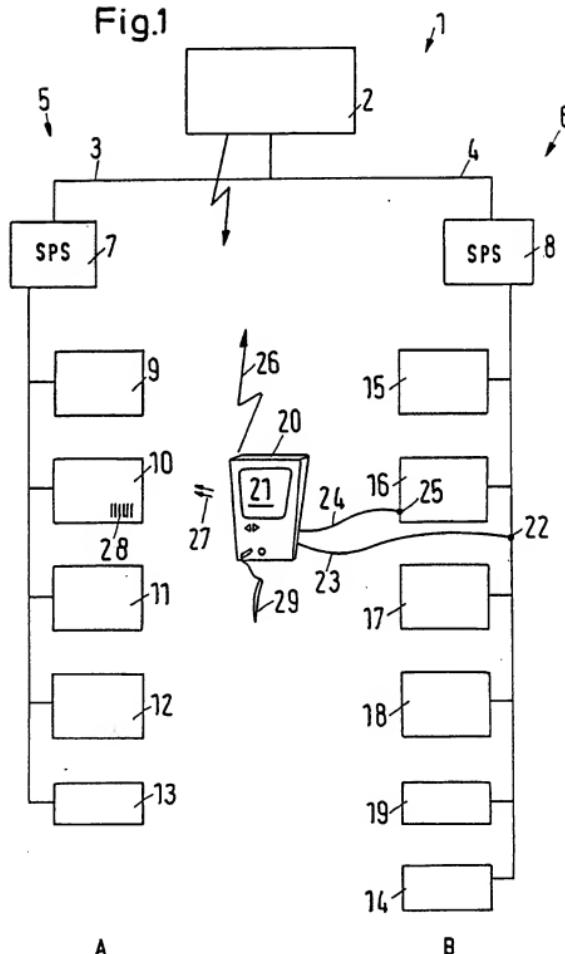
über eine Auswahl in der zweiten Anzeigefläche in Funktion setzen kann.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß man für einzelne Komponenten in einer dritten Anzeigefläche Zeitverläufe vorbestimmter Parameter von ausgewählten Komponenten darstellt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Identifikationsinformationen über Codes bereithalten werden, die den einzelnen Komponenten räumlich zugeordnet sind, und daß Konfigurationsinformationen über einzelne Komponenten von der jeweiligen Komponente selbst oder über eine Zentraleinheit in eine Verarbeitungseinrichtung eingelesen werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1



A

B

Fig.2

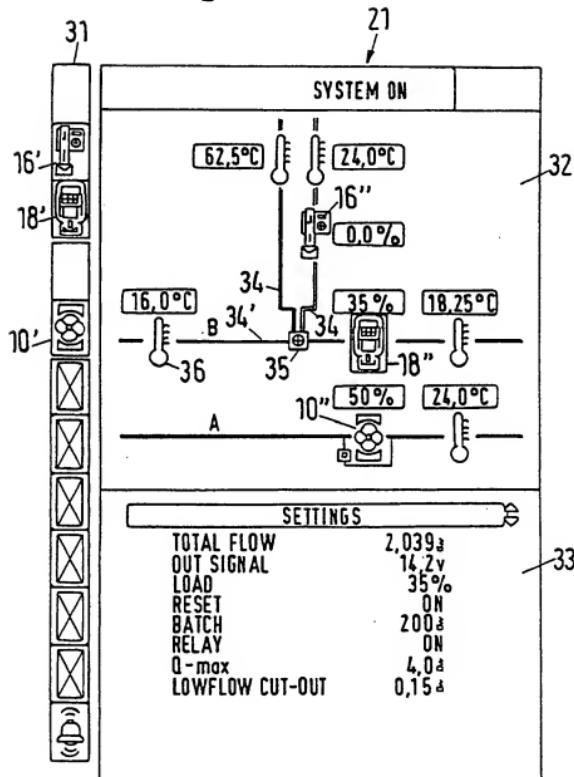
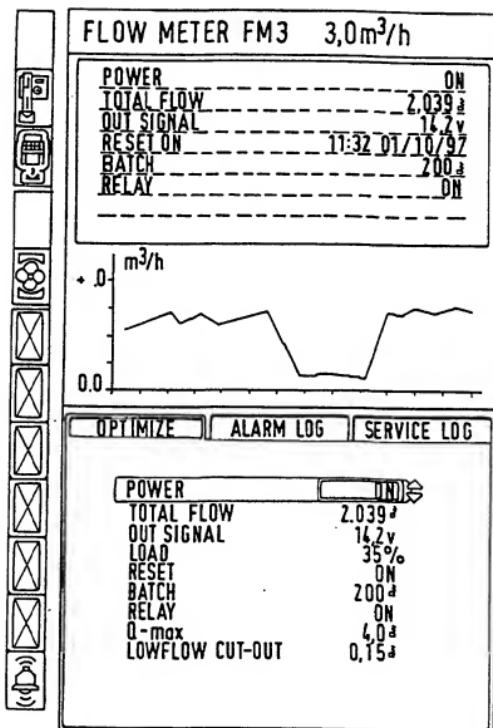


Fig.3





Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

② Publication number:

0 314 249  
A2

①

### EUROPEAN PATENT APPLICATION

② Application number: 88202383.1

② Int. Cl.: H02P 3/00 , F04D 9/00

② Date of filing: 25.10.88

② Priority: 28.10.87 US 114468

② Applicant: SHELL INTERNATIONALE  
RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V.  
Carol van Bylandtsaan 30  
NL-2595 HR Den Haag(NL)

② Date of publication of application:  
03.05.89 Bulletin 89/18

② Inventor: Snyder, Dale Richard, Jr.  
4802 Hickory Down  
Houston Texas 77084(US)  
Inventor: Haws, Joe Henry  
2307 Primrose Court  
Richmond Texas 77469(US)

② Designated Contracting States:  
DE GB NL

② Representative: Aalbers, Onno et al  
P.O. Box 302  
NL-2501 CH The Hague(NL)

② Pump off/gas lock motor controller for electrical submersible pumps.

② A pump off/gas lock motor controller for electrical submersible pumps (ESP) uses a flow rate or flow/no-flow sensor to shut down the ESP when it no longer is pumping fluid so that damage to the ESP is avoided.

EP 0 314 249 A2

## PUMP OFF/GAS LOCK MOTOR CONTROLLER FOR ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMPS

The use of reduced voltage (soft) starters for electrical submersible pumps (ESP's) with the past few years has led to an opportunity to increase production by pumping off ESP's, i.e., pumping well fluid levels down to the pump intake in order to obtain maximum production from a well by lowering its bottomhole pressure. Operating an ESP in this mode means that the ESP is continually cycled on and off as the unit is pumped off, shut down for a short period of time to allow the well to partially fill, and then restarted. This could not have been done prior to the use of soft starters since ESP failure was common on restart.

Reliable pump off detection and control is critical to ESP pump off operation in order to prevent an ESP from continuing to operate after it has become gas-locked. Failure to shut down a gas locked ESP will result in premature failure due to overheating. Gas locking occurs when an ESP ingests sufficient gas so as to no longer be able to pump fluid to the surface, the result of either large gas bubbles being present in the well fluid or of the pump intake being uncovered at pump off. In accordance with the present invention an ESP pump off controller has been developed to meet the need of reliably detecting and shutting down an ESP when gas locked or pumped off since existing ESP motor controllers have been proven to inadequately control under these critical conditions.

Existing ESP motor controllers have been adapted from surface motor control packages where motor operation is more stable and motor control is less critical. For example, it is not critical for a motor controller to prevent a surface centrifugal pump from running dry, but a downhole ESP will fail rapidly if it is run after losing fluid flow to the surface. These motor controllers monitor the running current (or power consumption) of the motor and compare it to a manually adjustable, fixed setpoint. When the current drops below this underload setpoint for a prescribed length of time, the motor is shut down.

Experience has shown that existing motor controllers are unreliable in detecting pump off or gas locking in ESP's. The reason for this unreliability is that the manually entered setpoints are often guessed, or at best, based on varying rules of thumb which may have no correlation to what is going on downhole. As a result, setpoints are frequently set too high causing premature shutdown and loss of production or set too low failing to shut the ESP down when gas locked or pumped off, causing failure of the ESP and loss of production.

The primary purpose of the present invention is

to provide a motor controller and method for the use thereof for shutting down an electrical submersible pump motor (ESP) when the ESP is no longer pumping fluid so that damage to the ESP is avoided. The motor controller uses a surface flow rate or flow/no flow sensor to shut down the ESP when it is no longer pumping fluid. The controller detects gas locking of the pump at pump off or due to large gas bubbles in the well fluid as well as detecting if a valve is closed and the ESP is pumping into a blind. The method according to the invention for detecting pump off or gas lock of an electrical submersible pump in an oil well comprises: deploying a flow sensor in the surface production tubing or flowline from the well; utilizing said flow sensor to activate a relay when sensing a loss of flow rate in the production tubing; causing said relay to shut down the electrical submersible pump when a loss of flow rate in the production tubing is sensed by the flow sensor; employing a pump up delay timer to override a no-flow signal from the sensor after starting the electrical submersible pump while fluid is being pumped to the surface but has not yet arrived; and utilizing a shut down timer to establish the length of time of loss of flow rate necessary to signal a pump off or gas lock of the electrical submersible pump and discriminate temporary surface flow rate drops not due to pump off or gas locking of the electrical submersible pump.

Other purposes, distinctions over the art, advantages and features of the invention will be apparent to one skilled in the art upon review of the following description with reference to the drawing, in which:

Figure 1 shows a block diagram of a preferred controller sequence of steps developed in accordance with the present invention.

State of the art controllers for electrical submersible pumps (ESP's) are unreliable in detecting when an ESP pumps off or gas locks. Pump off normally results in the ESP becoming gas locked (no longer being able to pump fluid to the surface) and the ESP will rapidly fail due to overheating if not shut down. There is an opportunity to increase production by operating ESP's in pump off cycles, and the present invention provides an economically attractive improved method to control a pumping off ESP.

Testing in accordance with the present invention has shown that the discharge flow rate from the well head can be used directly to indicate when pump off or gas locking is occurring. In a non-gassy well, the fluid flow rate is fairly constant with

flow rate going to zero when the ESP gas locks at pump off. In very gassy wells, detection of pump off is much more difficult since flow rate can normally be highly variable and even temporarily stop due to gas slugging in the production tubing. In this case, gas locking is distinguished from normal gas effects by the duration of time that the flow rate remains zero. Flow rate stops only temporarily due to gas breakout in the tubing, but stops permanently if the ESP is gas locked.

The flow rate controlled pump off/gas lock controller of the present invention uses either a flow measuring device or a flow/no-flow sensor (as are known to the art) to determine when flow rate goes to zero. The pump off controller requires two timers to program delays in the switching logic. One timer is used for a pump up delay so that the flow sensor will not shut the ESP down after start up while fluid is being pumped to the surface but has not yet arrived. Another timer is required to determine the length of time that flow rate must remain at zero before the ESP will be shut down. This feature allows the unit to discriminate between flow rate drops due to gas slugging effects and drops due to actual gas locking of the ESP by requiring flow to stop for a long enough period of time that will indicate the pump is gas locked.

Testing was conducted using a commercially available flow/no-flow sensor (other types of sensors could be employed) that was mounted in the production tubing at the surface of the well and which activated a relay whenever it sensed a loss of flow rate. The sensor uses two probes, one of which is heated, that extend into the fluid and measures the temperature differential between the probes. The temperature differential increases as the cooling effect of the fluid decreases, i.e., decreasing flow rate or decreasing thermal conductivity of the fluid flowing past the probes.

The pump up delay timer is set to correspond to the average pump up time for the well which depends on pump depth, pump flow rate, and tubing size (this is about 30 to 45 minutes for a 500 bpd pump set at 1500 m from the surface). The shut down timer is set for most wells so that no-flow would have to be sensed for about 10 to 60 seconds, preferably about 15 seconds, before the ESP would be shut down.

In order for the pump off/gas lock controller to adequately control the ESP in pump off and gas lock situations, it is set up to take over the underload motor control functions from the existing ESP motor controller. This is accomplished by wiring the pump off/gas lock controller in series with the existing motor controller and deactivating the existing motor controller underload function by setting its underload level to its minimum value. This puts the pump off/gas lock controller in underload con-

trol of the ESP and leaves the motor controller in control of overload and timer functions. Putting the pump off/gas lock controller in complete underload control of the ESP is preferable to having both the pump off/gas lock controller and the existing controller in joint underload control since the existing motor controller can have its underload levels set too high causing premature shut down of the ESP and negate the positive effects of the pump off/gas lock controller.

Having thus generally described the apparatus and method of the present invention, as well as its numerous advantages over the art, the following is a more detailed description of a preferred embodiment thereof given in accordance with specific reference to numbered steps of Figure 1 of the drawings:

Step 1) mounting a flow/no-flow sensor or flow rate measuring device in the production tubing or flowline at the surface which activates a relay whenever it senses a loss of flow rate;

Step 2) detecting no-flow with the sensor;

Step 3) employing a pump up delay timer to override the no-flow signal from the sensor after starting the ESP while fluid is being pumped to the surface but has not yet arrived;

Step 4) utilizing a shut down timer to establish the length of time that flow rate would have to remain at zero before the ESP is shut down, in order to allow the unit to discriminate temporary surface flow rate drops due to free gas going through the pump or gas slugging in the tubing from long term drops due to gas locking of the ESP; and

Step 5) shutting off the ESP when the shut down timer senses pump off of the ESP.

The foregoing description of the invention is merely intended to be explanatory thereof, and various changes in the details of the described method and apparatus may be made within the scope of the appended claims without departing from the spirit of the invention.

#### Claims

1. A method for detecting pump off of an electrical submersible pump in an oil well comprising:  
deploying a flow sensor in production tubing from the well at the surface;  
utilizing said flow sensor to activate a relay when sensing a loss of flow rate in the production tubing;  
causing said relay to shut down the electrical submersible pump when a loss of flow rate in the production tubing is sensed by the flow sensor;  
employing a pump up delay timer to override a no-

flow signal from the sensor after starting the electrical submersible pump while fluid is being pumped to the surface but has not yet arrived; and utilizing a shut down timer to establish the length of time of loss of flow rate necessary to signal a pump off of the electrical submersible pump and discriminate temporary surface flow rate drops not due to pump off of the electrical submersible pump.

2. The method of Claim 1 Including shutting off the electrical submersible pump when said shut down timer senses pump off of the electrical submersible pump.

3. The method of Claim 1 wherein said flow sensor has two probes which are extended into fluid in the production tubing, one of the tubes being heated, and measuring the temperature differential between the probes to determine the flowing/no-flow in the production tubing.

4. The method of Claim 1 wherein the delay timer is set to correspond to the time required to pump fluid to the surface when the ESP is started and the shut down timer is set from about 10 to 60 seconds.

5. An apparatus for detecting pump off of an electrical submersible pump in an oil well comprising:  
means for deploying a flow sensor in production tubing from the well at the surface;  
means for utilizing said flow sensor to activate a relay when sensing a loss of flow rate in the production tubing;

means for causing said relay to shut down the electrical submersible pump when a loss of flow rate in the production tubing is sensed by the flow sensor;

means for employing a pump up delay timer to override a no-flow signal from the sensor after starting the electrical submersible pump while fluid is being pumped to the surface but has not yet arrived; and

means for utilizing a shut down timer to establish the length of time of loss of flow rate necessary to signal a pump off of the electrical submersible pump and discriminate temporary surface flow rate drops not due to pump off of the electrical submersible pump.

6. The apparatus of Claim 5 including means for shutting off the electrical submersible pump when said shut down timer senses pump off of the electrical submersible pump.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4

1984-01-11  
1984-01-11  
1984-01-11

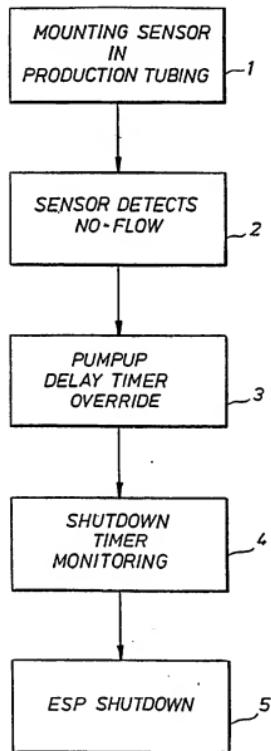


FIG.1



(12)

## EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:  
01.05.1996 Bulletin 1996/18

(51) Int Cl. F04D 15/00, G05D 16/20,  
F04B 47/06, F04B 49/02,  
F04B 49/06, F04B 49/08

(21) Application number: 95306907.7

(22) Date of filing: 29.09.1995

(84) Designated Contracting States:  
CH DE DK GB IT LI

(72) Inventor: Triezenberg, David M.  
Fort Wayne 46804, Indiana (US)

(30) Priority: 05.10.1994 US 318232

(74) Representative: Newstead, Michael John et al  
Page Hargrave  
Temple Gate House  
Temple Gate  
Bristol BS1 6PL (GB)

(71) Applicant: FRANKLIN ELECTRIC Co., Inc.  
Bluffton Indiana 46714 (US)

## (54) Liquid supply system

(57) This disclosure relates to a liquid supply system including a motor-pump unit (13) designed for installation in a liquid supply such as a well or storage tank (11). The unit supplies the liquid to a supply pipe (16), and a pressure sensor (33) connected to the pipe is operable to provide a control signal (34) representative of the liquid pressure in the pipe. The motor (15) is a variable-speed AC motor. A control for the motor is responsive to the control signal (34) and actuates a power circuit to

drive the motor (15) at a speed adjusted to maintain the liquid pressure at a substantially constant value. The control circuit further includes means for turning off the power to the motor in the absence of flow through pipe, which does not require a flow sensor. The power circuit comprises a DC link including a rectifier and an inverter. The rectifier is located adjacent the pressure sensor; the inverter may be located adjacent the rectifier and the pressure sensor or in the casing of the motor-pump unit.

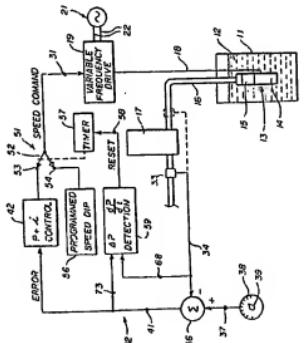


FIG. 1

**Description****FIELD AND BACKGROUND OF THE INVENTION**

This invention relates generally to a liquid supply system, and more specifically, it relates to a system for supplying a liquid at a substantially constant pressure.

While the following description relates primarily to a domestic water supply system, it will be apparent that the invention is also applicable to other types of liquid supply systems.

A domestic water supply system in common use includes a motor-pump unit installed in a water well, the unit being suspended by a pipe which also conveys the pumped water to the house. At the surface, the system further includes a storage-pressure tank which receives the pumped water and is connected to the plumbing of the house. A water pressure actuated switch is mounted adjacent to the tank through which electric power is supplied to the motor. Hysteresis in the operation point of this switch establishes an operating pressure range for the tank and water supply system. The electric motor is a constant speed type and the pump is usually a centrifugal type. The storage tank is relatively large (usually about 15 to 30 gallons) and stores a sizable amount of water, so that the motor does not have to be turned on and off frequently.

Systems similar to the foregoing have included a jet pump in place of the centrifugal pump, and this arrangement is useful with relatively small diameter pipes. However, jet pumps are usually avoided because they have a lower efficiency than centrifugal pumps.

Another type of water supply system includes a variable speed motor and a centrifugal pump. The power supply for the motor includes a DC link electronic package which varies the motor speed in response to the water pressure. In another type of system, an electronic package is part of the motor-pump unit so that the heat-generating electronic package may be cooled by the well water. Systems including a pressure sensor and a variable speed motor and designed to supply water at a substantially constant pressure have also been provided. Such systems have been used as pressure boosters in relatively tall buildings in some areas (usually outside the United States).

It is a general object of the present invention to provide a system for supplying a liquid at a substantially constant pressure which is an improvement over the foregoing systems.

**SUMMARY OF THE INVENTION**

This invention relates to a liquid supply system including a motor-pump unit designed for installation in a liquid supply such as a well or storage tank. The unit supplies the liquid to a supply pipe, and the invention further comprises a pressure sensor connected to the pipe and operable to provide a control signal represent-

ative of the liquid pressure in the pipe. The motor is a variable-speed AC motor, and the invention still further comprises a control for the motor, the control being responsive to the control signal and actuating a power circuit to drive the motor at a speed selected to maintain the liquid pressure at a substantially constant value. The control circuit includes means for turning off the power to the motor in the absence of flow through pipe, which does not require a flow sensor. The power circuit comprises a DC link including a rectifier and an inverter. The rectifier is located adjacent the pressure sensor, the inverter may be located adjacent the rectifier and the pressure sensor or in the casing of the motor-pump unit.

**15 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

Fig. 1 is a schematic illustration of a liquid supply system embodying the invention;  
Fig. 2 is a block diagram of a control circuit of the system shown in Fig. 1;  
Fig. 3 is a block diagram of a power circuit of the system shown in Fig. 1; and  
Fig. 4 is an illustration of an alternative embodiment of the invention.

**25 DETAILED DESCRIPTION**

Fig. 1 illustrates a liquid supply system, in accordance with the invention. An underground storage tank 11 contains a liquid 12 to be pumped at a substantially constant pressure, and a motor-pump unit 13 is mounted in the tank 11. While Fig. 1 shows a closed tank, it may instead be another type of reservoir such as a well. The unit 13 includes an electric motor 14 and a pump 15 which, when driven by the motor 14, pumps the liquid through a pipe 16, and a pressure tank or accumulator 17 is connected in the pipe 16. The motor 14 is a conventional variable speed AC motor, and the pump 15 may be a conventional centrifugal pump. A conventional one-way check valve is usually provided in the pipe 16 or between the pump and the pipe. Electrical power to drive the motor 14 is supplied through a drop cable 18 connected between the motor 14 and a variable frequency drive or power circuit 19.

45 The drive circuit 19 may comprise a conventional DC link arrangement as illustrated in Fig. 3. A standard 60-cycle AC supply 21 is connected by conductors 22 to a rectifier circuit 23 which produces a DC voltage on lines 24. An inverter 26 is connected to the lines 24 and converts the DC voltage to a three-phase variable frequency AC supply voltage on polyphase lines 27, and the motor 21 is connected to the lines 27. In the embodiment of the invention shown in Fig. 1, the three lines 27 form the drop cable 18.

55 The frequency of the supply voltage on the lines 27 is controlled by an electrical speed command signal on a line 31, shown in Figs. 1 to 3, formed by a control circuit 32 (Figs. 1 and 2). With reference first to Fig. 1, the con-

trol circuit 32 includes a pressure sensor 33 which supplies pressure signal representing the liquid pressure in the pipe 16. The sensor 33 may be mounted in the pipe 16 downstream from the tank 17 as shown by the solid lines or upstream from the tank 17 as shown by the dashed lines, for example. The pressure signal appears on a line 34 that is connected to a summation point or circuit 36 which also receives a set point signal on a line 37. A set point circuit 38 generates the set point signal in accordance with the setting of a dial 39, the setting being at a desired liquid pressure in the pipe 16. The summation circuit combines the signals on the lines 34 and 37 and produces an error signal on a line 41 which represents the deviation of the actual pressure in the pipe from the desired or preset pressure.

The error signal is connected by the line 41 to a conventional p+i (proportional plus integral) controller 42 of a type which is known to those skilled in this art. The controller 42 generates a speed command signal derived from the error signal, and the speed command signal is connected by the line 31 to control the drive 19. Thus, the liquid pressure in the pipe 16 is a function of the speed of the motor-pump unit 13, the speed of the unit 13 is a function of the frequency of the drive 19, which, in turn, is a function of the speed command signal and the error signal.

The foregoing describes the normal operation of the system when the pipe 16 is opened to allow flow out of the pipe 16. Such flow causes the pressure to start to drop, thereby generating error and speed command signals which cause the unit 13 to pump liquid. The quantity of liquid pumped is essentially equal to the quantity being dispensed from the pipe 16, thereby maintaining the liquid pressure essentially constant at the selected level.

If only the portion of the control circuit 32 described thus far were provided, a problem may be encountered when the pipe 16 is closed and the flow of liquid stops. The motor-pump unit 13 is preferably operated only when there is flow out of the pipe 16 which should be replaced. A feedback control loop as described above is not able to recognize a condition where the flow has stopped because it senses pressure only and does not include a flow sensor for sensing liquid flow. Consequently, the system will attempt to continue normal operation and maintain pressure regulation.

To turn off the unit 13 when flow out of the pipe 16 has stopped, without utilizing a flow sensor (which is an expensive item that would also have to be connected in the pipe 16), the control circuit is constructed in accordance with this invention to sense when the flow has stopped, utilizing only the pressure sensor 33. Broadly stated, this is accomplished by periodically reducing the speed of the motor. If there is continued flow out of the pipe 16, the pressure at the sensor 33 immediately drops when the motor slows down; this pressure drop is sensed and is utilized to return the motor to a higher speed necessary to maintain a constant pressure. On the other hand, if there is no flow out of the pipe 16, the

pressure does not drop when the motor slows down. This condition is recognized and utilized to turn off the power to the motor; the motor remains off until the pressure starts to drop due to subsequent flow out of the pipe 16.

More specifically, a switch 51 is connected between the control 42 and the line 31. While the drawing shows a mechanical two-position switch 51, an electronic switching circuit may be used instead. The switch 51 includes a movable contact 52, a stationary normal contact 53 connected to the control 42, and a stationary dip contact 54 connected to a programmed speed dip circuit 56. When in the solid and dashed line positions, the switch 51 connects the control 42 or the speed dip circuit 56, respectively, to the drive 19. The circuit 56 is programmed to ramp down the speed of the motor 14 to zero.

The position of the switch 51 is controlled by a timer 57. The contact 52 has the normal position shown by the solid line in Fig. 1, but periodically the contact 52 is moved by the timer 57 to the test position shown by the dashed line. The timer 57 is connected by a line 58 to receive a reset signal from a pressure monitoring circuit 59 which receives the pressure signal on the line 34. The circuit 59 is responsive to a change ( $\Delta P$ ) in the liquid pressure, and it also forms the time derivative ( $dP/dt$ ). The presence of either a pressure change ( $\Delta P$ ) or the derivative ( $dP/dt$ ) produces a reset signal on the line 58, which resets the timer 57 and moves the contact 52 back to the normal solid line position.

To summarize the operation of the system shown in Fig. 1, assume that the unit 13 is initially turned off, that the pressure in the pipe 34 is at the desired level, and that the switch 51 is in the normal position. When the pipe 16 is opened to allow flow of the liquid out of the pipe, the pressure immediately starts to drop, resulting in an error signal on the line 41 and a speed command signal on the line 31. The control 42 and the drive 19 (which include conventional ramp circuits) then power the unit 13 at a speed which returns the pipe 34 pressure to the value set in the circuit 38. The feedback circuit operates to move the error signal toward zero; in other words, the speed of the unit 13 is such that it pumps the liquid at the rate at which it flows out of the pipe 34, thereby maintaining the pipe pressure at a substantially constant value.

At the end of the period of the timer 57, the timer moves the switch contact 52 to the speed dip circuit 56 which causes the speed of the unit 13 to slow down. If the liquid is still flowing out of the pipe 34, the slow-down of the unit 13 causes the monitoring circuit 59 to produce both a pressure change ( $\Delta P$ ) signal and a derivative ( $dP/dt$ ) signal, either one of which causes a reset signal on the line 58 to immediately reset the timer 57 and to return the switch 51 to the normal position. The speed of the unit 13 immediately increases to return the pressure to the preset value. The length of time for the switch to move from the normal to the test position and return

to the normal position is very short so that the drop in pressure is nearly imperceptible. At the end of each timer 57 period (which may, for example, be about 10 seconds), the foregoing test procedure is repeated so long as flow continues out of the pipe 16.

On the other hand, if the pipe 16 is closed to stop the flow out of the pipe, the unit 13 will slow down, but may not stop (a centrifugal pump or a jet pump may enable the unit 13 to continue without flow out of the pipe 34). When the timer 57 moves the switch 51 to the test position, the monitoring circuit 59 will not generate a reset signal because the pipe pressure does not drop. Consequently, the timer 57 will not be reset, and the switch 51 will remain in the reset position. As previously mentioned, the circuit 56 includes a ramp circuit for ramping the drive 19 down to zero frequency and the unit 13 down to zero speed. The system will remain in this condition until the pipe 16 is subsequently opened to allow liquid flow, causing the generation of a reset signal, resetting of the timer 57, and movement of the switch 51 to the normal position. Operation then continues as described above.

The circuit shown in Fig. 2 is a more detailed version of part of the circuit shown in Fig. 1, and the same reference numerals are used for the corresponding parts. The speed dip circuit 56 is formed by a ramp generator which will ramp the motor speed to zero if the timer 57 is not reset. A line 65 connects the output of the control 42 to the generator 56 so that the generator 56 is initialized with the control 42 signal. This prevents a step change in the motor speed when the switch 51 moves to the test position. Similarly, a line 66 connects the output of the generator 56 to the control 42 in order to initialize it and prevent a step change when the switch 51 moves to the normal position.

The pressure monitoring circuit 59 includes a differentiator circuit 67 connected by a line 68 to receive the liquid pressure signal from the sensor 33. The differential of the pressure signal is fed to an absolute value circuit 69, and the absolute value is fed to a comparator circuit 71 where it is compared with a limit signal on a second input 72. If the absolute value is greater than the limit signal, the comparator 71 passes a signal through an OR circuit 72 to reset the timer 57.

Similarly, the error signal on the line 41 is connected by a line 73 to an absolute value circuit 74, and the absolute value error signal is fed to one input of a comparator circuit 74. A limit signal is fed on a second input 76 to the comparator 74, and if the error signal exceeds the limit value, the comparator 74 sends a signal through the OR circuit 72 to reset the timer 57.

It will be apparent that either an excessive change of pressure signal or an excessive rate of change of pressure signal will reset the timer. The former is more likely to occur if the accumulator tank 17 is relatively large, whereas the latter is more likely to occur if the tank 17 is relatively small. A water tank for a typical domestic house may be about three gallons when using a

system in accordance with this invention, whereas tanks in common use with most domestic water supplies are about 15-30 gallons. The size of tanks for other uses will depend upon the quantity of liquid normally being pumped.

Fig. 4 illustrates an alternative embodiment of the invention, including a motor-pump unit 81 suspended in a well 82 by a pipe 83. The pipe 83 conveys pumped liquid 84 (such as water) to a pressure/storage tank 85 and to a pipe 87 of a domestic plumbing system. A pressure sensor 88 is connected in the pipe 83, and a control module 89 controls the power to an electric motor of the unit 81.

The control module 89 includes the AC to DC rectifier 23 shown in Fig. 3 and the control circuit shown in Figs. 1 and 2. The system of Fig. 4 includes a drop cable 90 which connects the control module 89 with the unit 81. In this system, the cable 90 is formed by the two wires 24 of the DC link, and the DC to AC inverter 26 is contained in a casing 91 that is part of the unit 81. The variable frequency output of the inverter 26 is connected to the adjacent motor 92 of the unit 81.

The arrangement shown in Fig. 4 has a number of advantages. The drop cable 90 has only two wires instead of three as in the system of Figs. 1 to 3; the inverter 26 is closely adjacent the motor and it may be cooled relatively easily by the well water; and the rectifier 23 is readily accessible and is adjacent the pressure sensor at the ground surface.

The pressure sensor, the DC link, and the control circuit of Figs. 1 to 3 may be mounted on the pipe 16, as described in the pending patent application of Jimmy Cochrim titled Liquid Pumping System, filed simultaneously herewith. In the system of Fig. 4, the pressure sensor and the control module 89 may be mounted on the pipe 83 as described in the above Cochrim pending patent application. The disclosure of the above pending patent application is incorporated herein by reference.

While the drawings and the description disclose a control including electronic components, the control could instead be implemented with a programmed microcontroller, whereby the circuits are replaced by calculations and the contacts replaced by branches of program logic.

A system constructed in accordance with this invention has numerous advantages as compared with conventional systems. It may easily be connected in a supply system because it includes a pressure sensor but does not require a flow sensor. The size of the pressure/storage tank (also referred to as an accumulator) is substantially less than that of a conventional supply system, thereby requiring less expense and space. Still further, the system provides liquid at a substantially constant pressure while the motor-pump unit is operating, thereby avoiding the pressure swings found in conventional domestic water supply systems. While the motor-pump unit is turned off, the system pressure will be maintained by a conventional check valve 93 (Fig. 4)

which is normally provided between the pump 94 and the pipe 93. In the arrangement where the inverter is included in the motor and the rectifier is located above ground, only a two-wire drop cable carrying a variable DC voltage is needed. The wires carrying the pressure signals is connected to the rectifier which may be located close to the pressure sensor.

## Claims

## 1. A liquid supply system comprising

- a) a motor-pump unit including a variable speed electric motor;
- b) a pipe connected to said unit for conveying liquid pumped by said unit;
- c) a pressure sensor connected to said pipe for providing a pressure signal representative of the liquid pressure in said pipe; and
- d) apparatus responsive to said pressure signal and connected to said unit for operating said unit, said apparatus comprising

1) speed control means for operating said unit in a first mode wherein the speed of said unit is adjusted to maintain a substantially constant pressure in said pipe, said speed control means being connected to said pressure sensor and to said unit;

2) speed change means for operating said unit in a second mode wherein the speed of said unit is reduced;

3) pressure monitoring means responsive to said pressure sensor for providing an indication of a drop of pressure in said pipe; and

4) intermittent means connected to said monitoring means for normally operating said unit in said first mode, for intermittently operating said unit in said second mode, and for turning off said unit when said monitoring means fails to indicate a drop of pressure when said unit is operating in said second mode.

2. A system as set forth in Claim 1, wherein said speed control means includes means for providing a setting of a desired pressure in said pipe, means for combining said setting with pressure signal to form an error signal, and a control circuit for adjusting said speed of said unit to substantially eliminate said error signal.

3. A system as set forth in Claim 1, wherein said speed change means comprises a ramp generator circuit for reducing the speed of said unit to zero.

4. A system as set forth in Claim 1, wherein said pressure monitoring means provides said indication of a drop of pressure and forms a second indication of the derivative with time of a drop of pressure.

5. A system as set forth in Claim 4, wherein said pressure monitoring means further includes means for comparing said indication and said second indication with limits.

6. A system as set forth in Claim 4, wherein said intermittent means comprises a resettable timer connected to be reset by either said indication or said second indication.

7. A system as set forth in Claim 6, wherein said timer has a timing period during which said unit is operated in said first mode and said timer, said timer switching said unit to operation in said second mode at the end of said timing period, and said timer being reset by either said indication or by said second indication.

8. A system as set forth in Claim 1, wherein said pipe is connected to a relatively small accumulator tank.

## 9. A liquid supply system comprising

- a) a motor-pump unit including a variable speed electric motor;
- b) a pipe connected to said unit for conveying liquid pumped by said unit;
- c) a pressure sensor connected to said pipe for providing a pressure signal representative of the liquid pressure in said pipe; and
- d) apparatus responsive to said pressure signal and to said unit for operating said unit, said apparatus comprising

1) speed control means responsive to said pressure signal and connected to said unit for operating said unit to maintain a substantially constant pressure in said pipe;

2) speed change means periodically connected to said unit for reducing the speed of said unit; and

3) pressure monitoring means responsive to said pressure signal for turning off said unit if a periodic reduction in the speed of said unit does not produce a pressure drop.

10. A liquid supply system comprising a motor-pump unit including a variable speed motor, said unit being disposable in a liquid supply, a pipe connected to said unit for conveying pumped liquid from said supply, a pressure sensor located outside said liquid supply and connected in said pipe, and a variable frequency drive connected to said pressure

sensor and to said unit for powering said unit, as a function of the liquid pressure in said pipe, said drive comprising a DC link including a rectifier and a variable frequency inverter, said rectifier being located outside said liquid supply and connected to said pressure sensor, and said inverter being located in said unit and connected to said motor.

11. A system as set forth in Claim 10, and further including a drop cable extending from said unit to outside said liquid supply, said drop cable comprising two wires connecting said rectifier with said inverter. 10

12. A control and variable frequency power drive system for a variable frequency motor, comprising 15

- a DC link including a variable frequency inverter for connection with the motor and a rectifier connected to said inverter, said rectifier being operable to provide a variable DC voltage to said inverter;
- a sensor providing a sensor signal representative of a function driven by the motor;
- a control responsive to said sensor signal and forming a first speed command signal;
- a speed change circuit forming a second speed command signal, and
- monitor circuit means responsive to said sensor signal and to a situation where said sensor signal indicates a change in said function, said monitor circuit means normally connecting said first speed command signal to said DC link and said first speed command signal maintaining said function substantially constant, and said monitor means periodically connecting said second speed command signal to said DC link and said second speed command signal gradually changing the motor speed. 20 25 30 35

13. A system as set forth in Claim 12, wherein said second speed command signal reduces the motor speed to zero in a situation where the function is substantially constant. 40

14. A system as set forth in Claim 12, wherein said monitor circuit means forms an indication of a change in said function and also forms an indication of the differential with time of a change in said function. 45

15. A system as set forth in Claim 12, wherein said monitor circuit means is further operable to connect said first speed command signal to said DC link after said second speed command signal has been connected to said DC link and absent a substantial change in said function. 50 55

16. A system as set forth in Claim 12, wherein said rectifier is located adjacent said sensor and said

inverter is located adjacent said motor.

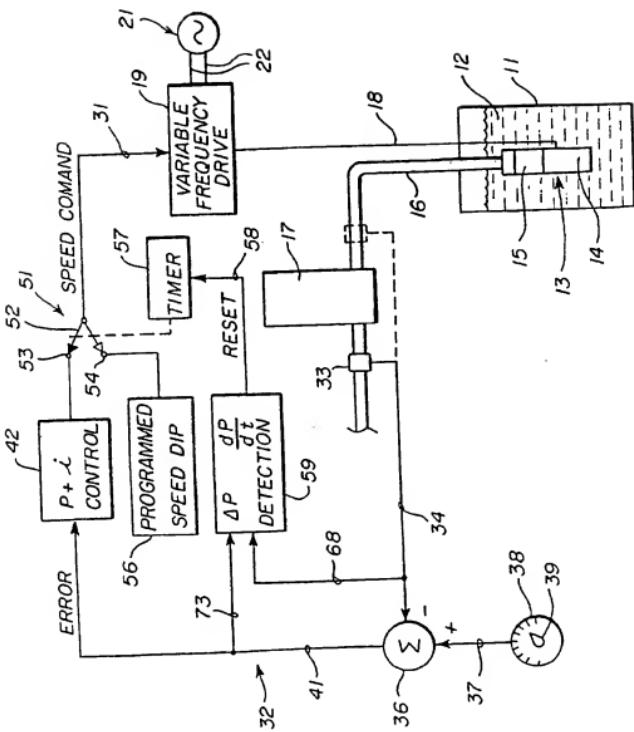


FIG. 2

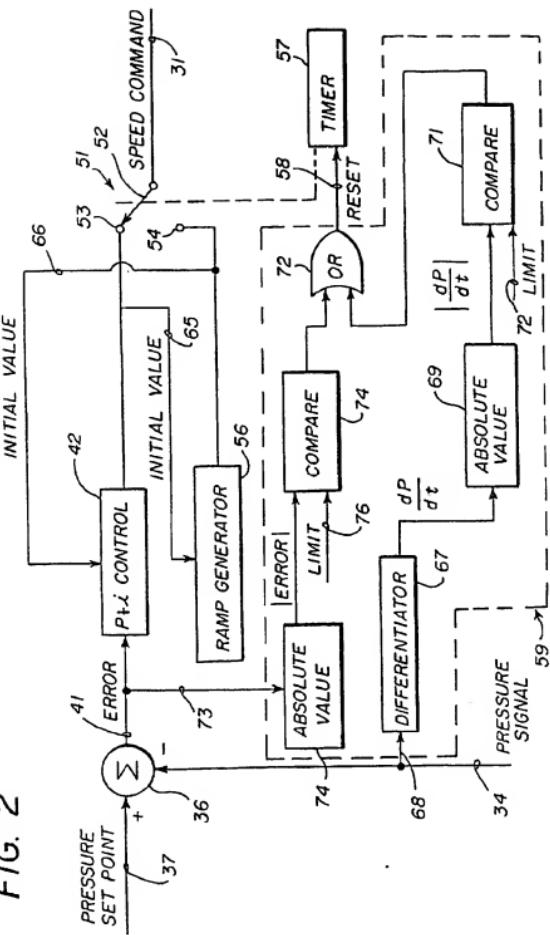


FIG. 4

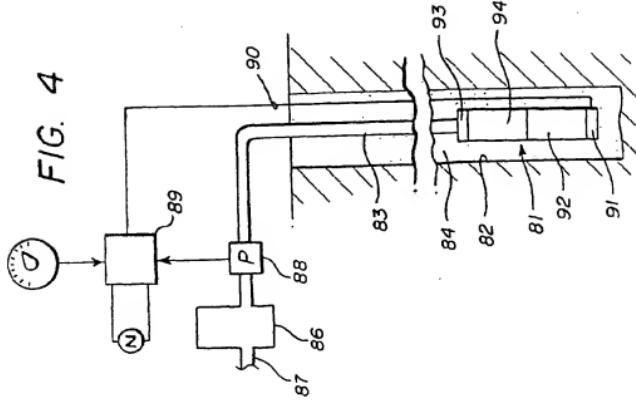
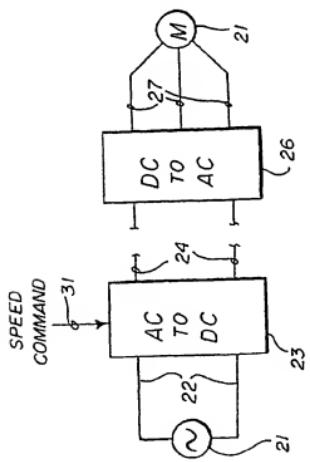


FIG. 3





European Patent  
Office

## EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number  
EP 95 30 6987

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim
A	EP-A-0 399 627 (PONPES GUINARD) * the whole document *-----	1
A	US-A-5 197 859 (SIFF) * the whole document *-----	1
A	US-A-5 249 380 (MABE) * the whole document *-----	1
A	EP-A-0 004 056 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) * the whole document *-----	1,8
The present search report has been drawn up for all claims		
Place of search	Date of completion of the search	Examiner
THE HAGUE	14 February 1996	Von Arx, H
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS		
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background D : theoretical background P : intermediate document		
T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published no, or after the filing date D : document cited for the application L : document cited for other reasons R : member of the same patent family, corresponding document		

## Twin pump with main control system

**Publication number:** EP0735273

**Publication date:** 1996-10-02

**Inventor:** KUNZ UDO (DE); GREITZKE STEPHAN DR-ING (DE); HUEBNER JUERGEN DIPL-ING (DE); HUNNEKUHL GERHARD (DE)

**Applicant:** WILO GMBH (DE)

**Classification:**

- **International:** F04D13/06; F04D13/14; F04D15/00; F04D15/02;  
F04D13/00; F04D13/06; F04D15/00; F04D15/02; (IPC1-  
7): F04D13/14; F04D13/06; F04D15/00; F04D15/02

- **European:** F04D13/06; F04D13/14; F04D15/00G; F04D15/02F

**Application number:** EP19960104669 19960325

**Priority number(s):** DE19951011170 19950328

**Also published as:**

DE19511170 (A1)  
 EP0735273 (B1)

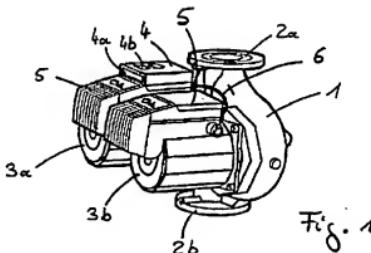
**Cited documents:**

DE1653743  
 DE4129651  
 DE4128390  
 EP0619432  
 EP0226858  
[more >>](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of EP0735273

The double pump unit has a housing (1) containing a pair of pump wheels, driven by respective electric motors (3a,3b), with a regulation circuit (4) independently controlling the revs of both motors. The regulation circuit is attached to one of the electric motors and provides regulation signals for respective regulation modules (5) fitted to each of the motors.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 735 273 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
02.10.1996 Patentblatt 1996/40(51) Int. CL<sup>6</sup>: F04D 13/14, F04D 15/00,  
F04D 15/02, F04D 13/06

(21) Anmeldenummer: 96104669.5

(22) Anmelddatum: 25.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
BE DE FR GB IT

- Greitzke, Stephan, Dr.-Ing.  
44287 Dortmund (DE)
- Höbner, Jürgen, Dipl.-Ing.  
44287 Dortmund (DE)
- Hunkekuhl, Gerhard  
58452 Witten (DE)

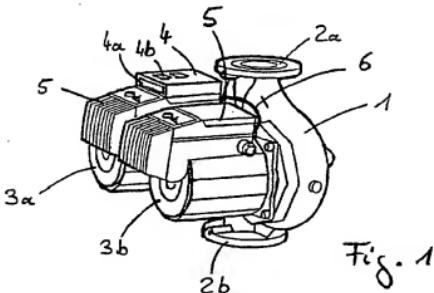
(30) Priorität: 28.03.1995 DE 19511170

(74) Vertreter: COHAUSZ HASE DAWIDOWICZ &  
PARTNER  
Patentanwälte  
Schumannstrasse 97-99  
40237 Düsseldorf (DE)(71) Anmelder: WILO GmbH  
D-44263 Dortmund (DE)(72) Erfinder:  
• Kunz, Udo  
44534 Lünen (DE)

## (54) Doppelpumpe mit übergeordneter Steuerung

(57) Die Erfindung betrifft eine Doppelpumpe mit zwei in einem Gehäuse (1) angeordneten Laufrädern, die ein Fördermedium fördern, wobei jedes Laufrad von je einem Elektromotor (3a, 3b) angetrieben ist, und mittels einer übergeordneten Steuerung und/oder Regelung (4) die Drehzahlen der beiden Elektromotoren (3a,

(3b) jeweils unabhängig voneinander beliebig zwischen dem Motorsstillstand und der Nendrehzahl einstellbar oder regelbar sind, wobei die übergeordnete Steuerung und/oder Regelung (4) an einem der beiden Elektromotoren (3a, 3b) angeordnet ist.



EP 0 735 273 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Doppelpumpe mit zwei in einem Gehäuse angeordneten Laufrädern, die ein Fördermedium fördern, wobei jedes Laufrad von je einem Elektromotor angetrieben ist, und mittels einer übergeordneten Steuerung und/oder Regelung die Drehzahlen der beiden Elektromotoren jeweils unabhängig voneinander beliebig zwischen dem Motorstillstand und der Nendrehzahl einstell- oder regelbar sind.

Um große Fördermengen zu fördern bei gleichzeitigem Einsatz von kleinen Elektromotoren und Pumpen oder um eine Redundanz im Förderkreislauf zu schaffen, werden heute bevorzugt Doppelpumpen eingesetzt. Dabei werden zwei Laufräder in einem Gehäuse angeordnet, wobei jedes Laufrad von einem Elektromotor angetrieben ist. Die Elektromotoren besitzen meist 3-4 Drehzahlstufen, die mittels einer Steuerung einstellbar sind. Bei einer Änderung des Förderstroms ergeben sich somit unterschiedliche Förderröhren. Auch sind Pumpensysteme bekannt, bei denen eine Förderhöhe vorgebar ist und eine Regelung durch Umschalten in die einzelnen Drehzahlstufen die Förderhöhe in einem gewissen Bereich gewährleistet. Hierbei treten jedoch nachteilig relative Druckschwankungen auf. Ferner sind Einzpumpen bekannt, bei denen die Drehzahl mittels einer Regelung kontinuierlich veränderbar ist. Die Elektronik der Steuerung kann dabei meist über eine digitale Schnittstelle mit einem Pumpenleiterchner in Verbindung sein. Der Leiterchner gibt dabei die erforderlichen Drehzahlen den Motoren vor. Auch kann der Pumpenleiterchner vorgeben, welcher Elektromotor mit welcher Drehzahl zu einer bestimmten Zeit die jeweilige Pumpe antreiben soll. So kann z.B. bei Mehrpumpenanlagen bei Abweichung des eingestellten Sollwerts eine lastabhängige Zu- und Abschaltung einer weiteren Pumpe vorgenommen werden.

Aus dem von Reinhold Döring in der Haustechnischen Rundschau 7/1988, S.230-235 veröffentlichten Artikel „Regelung von Pumpen und Ventilatoren in der Versorgungstechnik Teil 2 und Schluf“ ist eine Doppelpumpe bekannt, die über eine übergeordnete Pumpensteuerung für eine Doppelpumpe verfügt. Mittels der übergeordneten Pumpensteuerung wird die Drehzahl beider Motoren der Doppelpumpe kontinuierlich, d.h. ohne Drehzahlsprünge dem Bedarf entsprechend eingeregt. Die übergeordnete Steuerung wird dabei zusammen mit anderen Schaltmitteln zentral in Raum an einer Wand befestigt.

Durch eine derartige Anordnung der übergeordneten Pumpensteuerung ergeben sich jedoch lange Wege zwischen der Steuerung und der Pumpe selbst, die mittels geeigneter elektrischer Kabel überbrückt werden müssen. Derartige Kabel sind nicht nur teuer, sondern es entstehen zusätzliche Kosten für die Installation der Kabel.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Doppelpumpe bereitzustellen, die oben aufgeführten Nachteile

des Standes der Technik umgeht, wodurch die Doppelpumpe leichter, billiger und schneller zu installieren ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die übergeordnete Steuerung und/oder Regelung an einem der beiden Elektromotoren direkt angeordnet ist. Hierdurch entfallen die sonst notwendigen Kabel oder Übermittlungseinrichtungen für die Steuertypen, wodurch nicht nur die Installationskosten, sondern auch der Platzbedarf für Pumpe und Steuerung sinken.

Es ist ebenfalls von Vorteil, wenn jeder der beiden Elektromotoren eine Regelung hat, wobei die jeweilige Regelung die Motordrehzahl des zugehörigen Elektromotors entsprechend der von der übergeordneten Steuerung und/oder Regelung vorgegebenen Führungsgröße eingeregt und die Regelungen als Module ausgebildet sind, die jeweils auf dem zugehörigen Elektromotor insbesondere lösbar befestigbar sind und mittels elektrischer Kontakte mit dem jeweiligen Elektromotor in elektrischer Verbindung sind. Dabei sind in einer besonders bevorzugten Ausführungsform die Regelungen in einem Gehäuse angeordnet sind. Dieses Gehäuse ist auf einem der Elektromotoren insbesondere lösbar befestigbar und mittels elektrischer Kontakte mit den beiden Elektromotoren in elektrischer Verbindung ist. Hierdurch entfällt ein Gehäuse wodurch erneut die Produktionskosten gesenkt werden.

Die Verwendung von Elektromotoren, deren Drehzahl mittels einer Steuerung bzw. Regelung beliebig zwischen dem Motorstillstand und der Nendrehzahl einstell- bzw. regelbar sind, hat den Vorteil, daß die geforderte Förderhöhe genau und stetig einstellbar ist. Eine Änderung des Förderstroms bzw. der Anlagenkenntlinie kann mittels der Regelung und der beliebig einstellbaren Drehzahlen der Laufräder ohne auftretende Drucksprünge im Leitungsnetz erreicht werden. Durch die Stetigkeit und Gleichmäßigkeit der Einstellung werden sämtliche Komponenten des Leitungsnetzes vorteilhaft weniger belastet, wodurch sich die Betriebssicherheit erhöht und die Wartungs- und Reparaturkosten gesenkt werden.

Weicht der Ist-Wert der Druckdifferenz bzw. Förderhöhe vom vorgegebenen Sollwert ab, so kann z. B. bei einer lastabhängigen Zu- bzw. Abschaltung der zweiten Pumpe die Drehzahl der zweiten Pumpe kontinuierlich vom Stillstand bis zur erforderlichen Drehzahl erhöht werden, wodurch Drucksprünge vermieden werden.

Die Führungsgröße ist dabei vorteilhaft die Förderhöhe bzw. Druckdifferenz zwischen Ansaug- und Auslaßseite der jeweiligen Pumpe. Die Druckdifferenz kann dabei mittels eines herkömmlichen Druckmessers ermittelt werden.

Bevorzugt wird jedoch die Stromaufnahme jedes Elektromotors von der jeweils zugehörigen Regelung ermittelt, wobei aus der Stromaufnahme des Motors die tatsächliche Förderhöhe bzw. Druckdifferenz zwischen Ansaug- und Auslaßseite der jeweiligen Pumpe aus der Pumpen- und Motorkennlinie ermittelbar ist und die

ermittelte Druckdifferenz der Ist-Wert für die jeweilige Regelung ist.

Mittels der übergeordneten Steuerung können den Regelungen in ihren Werten unterschiedliche Führungsgrößen vorgegeben werden, wodurch sich eine beliebige Förderhöhe bzw. Druckdifferenz einregeln lässt. Vorteilhaft wird die Pumpe im Doppelbetrieb betrieben, wobei die übergeordnete Steuerung zur Erzielung einer gewünschten Förderhöhe beide Pumpen gleichzeitig einschalten und beiden Regelungen gleiche Werte für die Führungsgröße vorgibt, derart, daß beide Pumpen mit der gleichen Drehzahl fördern. Beide Pumpen haben vorteilmäßig die gleichen Pumpenkenlinien, wodurch beide Pumpen bei gleichen Drehzahlen in jeweils gleichen Betriebspunkten laufen. Hierdurch werden beide Pumpen mit den gleichen Betriebszeiten betrieben, wodurch sich eine gleichmäßige Abnutzung beider Pumpen erzielen lässt. Das Wartungsintervall ist dann für beide Pumpen gleich groß, wobei die Wartung für beide Pumpen gleichzeitig durchgeführt werden kann.

Dadurch, daß beide Pumpen mit gleicher Drehzahl fördern, sind die Drehzahlen der beiden Pumpen niedriger als die Drehzahl einer einzigen Pumpe bei gleicher bereitzustellender Förderhöhe. Die Pumpenlaufergäusche sind dadurch erheblich geringer. Die Pumpe läuft somit leiser und ruhiger.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist, daß kein Umschalten bzw. Zuschalten nötig ist, wodurch vorteilmäßig Druck- und Mengenstromsprünge vermieden werden.

Es ist ebenfalls vorteilmäßig, wenn die Regelungsmodule sind, die jeweils auf dem zugehörigen Elektromotor insbesondere lösbar befestigbar sind und mittels elektrischer Kontakte mit dem Elektromotor in elektrischer Verbindung sind. Auch ist es vorteilmäßig, wenn die Regelungen in einem Gehäuse angeordnet sind und das Gehäuse als Modul auf einem Elektromotor insbesondere lösbar befestigt ist. Eventuell sollte die übergeordnete Steuerung als Modul ausgebildet sein, wobei das Modul auf einem Regelungsmodul insbesondere lösbar befestigbar sein sollte. Das Regelungsmodul ist dabei mittels elektrischer Kontakt mit dem Regelungsmodul in elektrischer Verbindung. Auch ist es vorteilhaft, wenn die übergeordnete Steuerung zusammen mit den beiden Regelungen in einem Gehäuse angeordnet sind und das Gehäuse als Modul auf einem Elektromotor insbesondere lösbar befestigbar ist. In einer weiteren, ebenfalls vorteilmäßigen Ausführungsform ist die übergeordnete Steuerung zusammen mit nur einer Regelung eines Elektromotors in einem Gehäuse angeordnet, wobei das Gehäuse als Modul auf diesem Elektromotor insbesondere lösbar befestigbar ist und die Anregung des anderen Elektromotors als Modul auf dem anderen Elektromotor insbesondere lösbar befestigbar ist.

Eine derartige Modularbauweise lässt es zu, daß verschiedene benutzerspezifische Steuerungen und/oder Regelungen einfach und schnell an der Doppelpumpe

befestigbar sind, wodurch zusätzliche Kabel unnötig werden und sich eine hohe Betriebssicherheit der Pumpe erzielen lässt.

Wenn es gewünscht ist, kann die übergeordnete Steuerung vorteilhaft mittels Daten- und/oder Steuerleitungen mit einem Pumpenrechner oder mit einer oder mehreren anderen übergeordneten Steuerungen oder Regelungen von Einzel- oder Doppelpumpen in Verbindung sein. Dies hat den Vorteil, daß mittels einer übergeordneten Steuerung z.B. mehrere Doppelpumpen steuerbar sind.

Die übergeordnete Steuerung kann zudem programmierbar sein. Sie kann zusätzlich eine programmierbare Zeitschaltung haben, mittels der die Pumpen in vorgebbaren Zeitintervallen ein- oder ausschaltbar sind oder ihre Drehzahlen oder das Niveau der Förderhöhe einstellbar sind. Zudem kann die übergeordnete Steuerung die Pumpen in zeitlicher Reihenfolge abwechselnd einschalten, derart, daß bis auf die Einschaltphase immer nur eine Pumpe das Fördermedium fördert. Hierdurch lässt sich vorteilmäßig erreichen, daß beide Pumpen mit gleichen Betriebszeiten gefahren werden, so daß die Wartungsintervalle für die Pumpen gleich angesetzt werden können. Auch kann die übergeordnete Steuerung bei einem Defekt der einen Pumpe die Drehzahl der anderen Pumpe erhöhen oder die defekte Pumpe abschalten, wobei gleichzeitig die andere Pumpe die Arbeit der defekten Pumpe vollständig übernimmt, um die Förderhöhe konstant zu halten bzw. den Druckabfall zwischen Pumpenanlass- und Pumpenauslaßseite auszugleichen. Durch eine derartige Redundanz erhöht sich die Funktionsicherheit der Anlage, was vorteilmäßig die Betriebskosten und Wartungskosten niedrig hält.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1: Eine Doppelpumpe mit übergeordneter Steuerung

Figur 2: Eine Seitenansicht einer Doppelpumpe mit übergeordneter Steuerung

Figur 3: Ein Blockschaltbild einer Doppelpumpe mit übergeordneter Steuerung und zusätzlicher Regelungsmodule für jeden Elektromotor

Figur 4: Zwei Doppelpumpen mit lediglich einer übergeordneten Steuerung

Figur 5: Eine Doppelpumpe, bei der die Regelungen und die übergeordnete Steuerung in einem Gehäuse angeordnet sind.

Figur 1 zeigt eine Doppelpumpe mit einem Gehäuse 1, welches eine Pumpenanlassseite 2b und eine Pumpenauslaßseite 2a hat. In dem Gehäuse 1

sind zwei nicht dargestellte Pumpenlaufräder angeordnet, die jeweils von den Elektromotoren 3a, 3b angetrieben werden. Auf den Motorengehäusen sind Regelungen 5 als Module mittels Schraub- oder Schnappverbindungen befestigt. Auf dem einen Regelungsmodul 5 ist das übergeordnete Steuerungsmodul 4 befestigt, welches seinerseits mittels einer schnapp- oder Schrauberbindung auf dem Regelungsmodul 5 befestigt ist. Das übergeordnete Steuerungsmodul 4 verfügt über Anzeigeelemente 4a, sowie über eine Eingabe-Tastatur 4b zur Einstellung von bestimmten Programmen bzw. Pumpenschaltungen.

Das übergeordnete Steuerungsmodul 4 ist mittels eines Übertragungskabels 6 mit dem Regelungsmodul des zweiten Elektromotors 3b verbunden und steuert diesen über das Kabel 6.

In Figur 2 ist eine Seitenansicht der Doppelpumpe dargestellt:

Figur 3 zeigt ein mögliches Blockschaltbild einer Doppelpumpe. Die übergeordnete Steuerung 4 hat dabei eine CPU, welche mit einem Speicher, einer Eingabemöglichkeit zur Programmierung, einer Anzeige des Programmablaufs, sowie der Betriebszustände und einen Datenbus, über die es mit den nachgeschalteten Regelungen oder wie in Figur 4 dargestellt, mit anderen Pumpen kommuniziert bzw. diese steuert.

Wie in Figur 3 dargestellt, ist die eigentliche Regelung außerhalb in den Regelungsmodulen 5 angeordnet und regelt die Motordrehzahl gemäß des vorgegebenen Soll-Wertes ein. Dabei wird die Stromaufnahme des Motors von der Regelung ermittelt und anhand der bekannten Pumpen- und Motorkenntlinie die von der Pumpe momentan erzeugte Druckdifferenz  $p_2 - p_1$  zwischen dem Ansaugutzen 2b und dem Auslaßutzen 2a berechnet. Der errechnete Ist-Wert der Druckdifferenz der Pumpe wird mit dem durch die übergeordneten Steuerung vorgegebenen Soll-Wert der Förderhöhe (Führungsgröße) verglichen. Bei einer Abweichung der beiden Werte, versucht die Regelung die Motordrehzahl der Pumpe entsprechend nachzuregeln.

Jede Regelung 5 ist über eine zusätzliche Kommunikationschnittstelle mit der übergeordneten Steuerung 4 in Verbindung. Mittels der Kommunikationschnittstelle tauschen die Regelungen 5 mit der übergeordneten Steuerung Daten aus. So kann die Regelung 5 der übergeordneten Steuerung 4 einen Defekt der jeweiligen Pumpe oder des jeweiligen Motors (3a, 3b) mitteilen. Auch kann die übergeordnete Steuerung 4 die Pumpe in bestimmte Betriebsarten schalten. Mögliche Betriebsarten sind z.B. Stillstand, maximale Drehzahl oder Regelungsbetrieb der Pumpe. So ist es möglich, daß die eine Pumpe mit maximaler Drehzahl läuft und die andere Pumpe im Regelbetrieb gefahren wird. Eine weitere Betriebsmodus ist die Synchronisierung der beiden Pumpen, derart, daß beide Pumpen mit gleicher Drehzahl gefahren werden. Auch ist es möglich, daß lediglich eine Pumpe im Betrieb ist und die andere stillgesetzt ist.

Bei einem Defekt einer Pumpe, wird diese über die Kommunikationschnittstelle die übergeordnete Steuerung 4 alarmieren, woraufhin die übergeordnete Steuerung 4 die Pumpen gemäß des eingespeicherten Programms anders schaltet bzw. neue Soll-Werte berechnet.

Figur 5 zeigt eine Doppelpumpe, bei der die Regelungen für die beiden Pumpen zusammen mit der übergeordneten Steuerung in einem Gehäuse angeordnet sind und das Gehäuse auf einem Elektromotor 3 befestigt ist.

#### Patentansprüche

1. Doppelpumpe mit zwei in einem Gehäuse (1) angeordneten Laufrädern, die ein Fördermedium fördern, wobei jedes Laufrad von je einem Elektromotor (3a, 3b) angetrieben ist, und mittels einer übergeordneten Steuerung und/oder Regelung (4) die Drehzahlen der beiden Elektromotoren (3a, 3b) jeweils unabhängig voneinander beliebig zwischen dem Motornstillstand und der Nenndrehzahl einstell- oder regelbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung und/oder Regelung (4) an einem der beiden Elektromotoren (3a, 3b) angeordnet ist.
2. Doppelpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beiden Elektromotoren (3a, 3b) eine Regelung (5) hat, wobei die jeweilige Regelung (5) die Motordrehzahl des zugehörigen Elektromotors (3a, 3b) entsprechend der von der übergeordneten Steuerung und/oder Regelung (4) vorgegebenen Führungsgröße einregelt und die Regelungen (5) als Module ausgebildet sind, die jeweils auf dem zugehörigen Elektromotor (3a, 3b) insbesondere lösbar befestigbar sind und mittels elektrischer Kontakte mit dem jeweiligen Elektromotor (3a, 3b) in elektrischer Verbindung sind.
3. Doppelpumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelungen (5) in einem Gehäuse angeordnet sind und das Gehäuse auf einem Elektromotor (3a, 3b) insbesondere lösbar befestigbar ist und mittels elektrischer Kontakte mit den beiden Elektromotoren (3a, 3b) in elektrischer Verbindung ist.
4. Doppelpumpe nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsgröße die Förderhöhe bzw. Druckdifferenz zwischen Ansaug-(2b) und Auslaßseite (2a) der jeweiligen Pumpe ist.
5. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckdifferenz zwischen der Pumpenanlauf- (2b) und der Pumpenauslaßseite (2a) mittels eines Druckmessers ermittelbar ist und der ermittelte Druckdiffe-

renz-Wert der Ist-Wert für die jeweilige Regelung (5) ist.

6. Doppelpumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromaufnahme jedes Elektromotors (3a, 3b) von der jeweils zugehörigen Regelung (5) ermittelbar ist und aus der Stromaufnahme des Motors (3a, 3b) die tatsächliche Förderhöhe bzw. Druckdifferenz zwischen Ansaug- (2b) und Auslaßseite (2a) der jeweiligen Pumpe ermittelbar ist und die ermittelte Druckdifferenz der Ist-Wert für die jeweilige Regelung (5) ist.

7. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß den Regelungen (5) in ihren Werten unterschiedliche Führungsgrößen durch die übergeordnete Steuerung (4) vorgegeben sind.

8. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

9. Doppelpumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das übergeordnete Steuerungsmodul (4) mittels elektrischer Kontakte mit dem Regelungsmodul (5) in elektrischer Verbindung ist.

10. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) zusammen mit den beiden Regelungen (5) in einem Gehäuse angeordnet ist und das Gehäuse als Modul auf einem Elektromotor (3a, 3b) insbesondere lösbar befestigbar ist.

11. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) zusammen mit einer Regelung (5) eines Elektromotors (3a, 3b) in einem Gehäuse angeordnet ist und das Gehäuse als Modul auf diesem Elektromotor (3a, 3b) insbesondere lösbar befestigbar ist und die andere Regelung (5) als Modul auf dem anderen Elektromotor (3a, 3b) insbesondere lösbar befestigbar ist.

12. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) mittels Daten und/oder Steuerleitungen (6) mit einem Pumpeneinrechner oder mit einer oder mehreren anderen übergeordneten Steuerungen (4) oder Regelungen (5) von Einzel- oder Doppelpumpen in Verbindung ist.

13. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) programmierbar ist.

14. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) eine programmierbare Zeitschaltung hat, mittels der die Pumpen in vordefinierten Zeitintervallen ein- oder ausschaltbar oder ihre Drehzahlen oder das Niveau der Förderhöhe voreinstellbar sind.

15. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) die Pumpen in zeitlicher Reihenfolge abwechselnd einschaltet, daran, daß bis auf die Einschaltphase immer nur eine Pumpe das Fördermedium fördert.

16. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) zur Erzielung einer gewünschten Förderhöhe beide Pumpen gleichzeitig einschaltet und den beiden Regelungen (5) gleiche Werte für die Führungsgröße vorgibt, daran, daß beiden Pumpen mit der gleichen Drehzahl fördern.

17. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beide Pumpen die gleiche Pumpenkennlinie haben.

18. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Pumpe als Master-Pumpe und die andere Pumpe als Slave-Pumpe schaltbar ist, wobei die Pumpe Master-Pumpe ist, auf deren Regelungsmodul (5) das Modul der übergeordneten Steuerung (4) befestigt ist.

19. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übergeordnete Steuerung (4) bei einem Defekt der einen Pumpe die Drehzahl der anderen Pumpe erhöht, um den Druckabfall zwischen Pumpenan saug- (2b) und Pumpenauslaßseite (2a) auszugleichen.

20. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

21. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

22. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

23. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

24. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

25. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

26. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

27. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

28. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

29. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

30. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

31. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

32. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

33. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

34. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

35. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

36. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

37. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

38. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

39. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

40. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

41. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

42. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

43. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

44. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

45. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

46. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

47. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

48. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

49. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

50. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

51. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

52. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

53. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

54. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

55. Doppelpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, die übergeordnete Steuerung (4) als Modul ausgebildet ist und auf einem Regelungsmodul (5) insbesondere lösbar befestigbar ist.

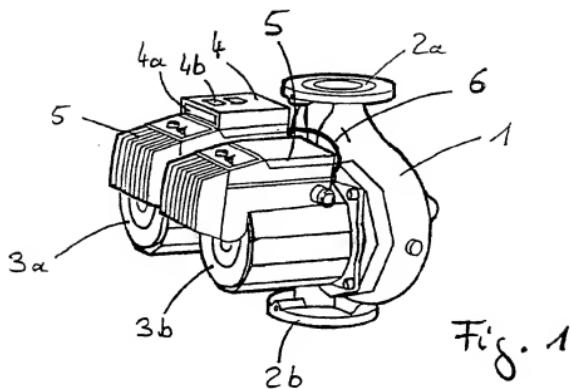


Fig. 1

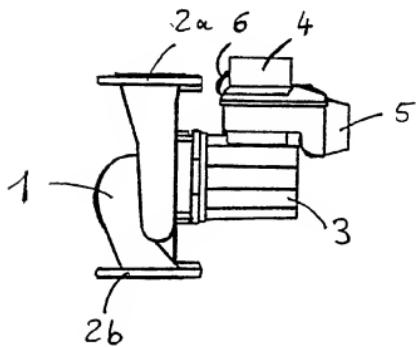
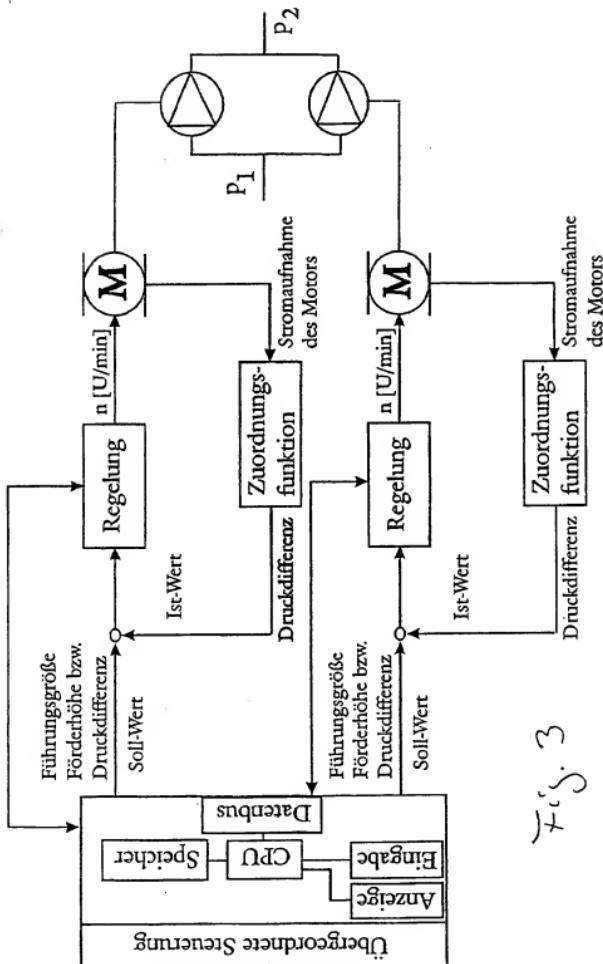


Fig. 2



7  
7.3

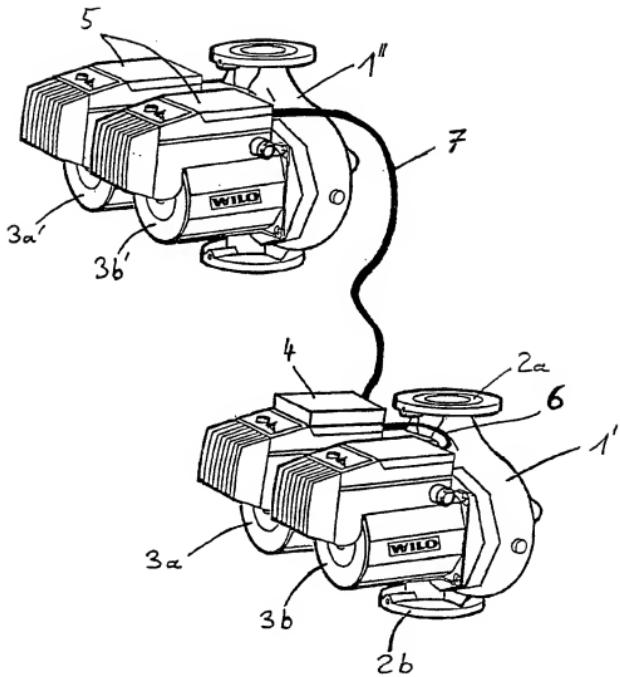
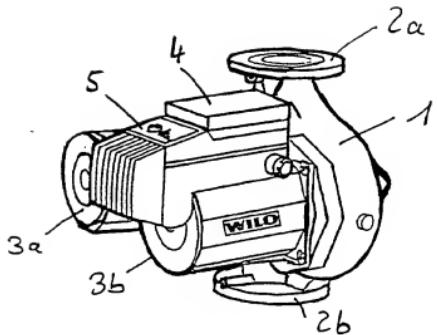


Fig. 4





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff/Ambrodt	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
Y	DE-A-16 53 743 (LOEWE PUMPFABRIK GMBH) * Ansprüche 6,7 *	1-3,12	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
A	---	8-18	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
Y	DE-A-41 29 651 (WEMA INGENIEURBUERO WERNER KLA) * das ganze Dokument *	1-3,12	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
A	DE-C-41 28 390 (LOEWE PUMPFABRIK) * das ganze Dokument *	1,3-5,7, 12	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
A	EP-A-0 619 432 (VOGEL PUMPEN) * Spalte 9, Zeile 27 - Zeile 40; Abbildungen 12,13 *	1	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
A	EP-A-0 226 858 (OPLAENDER WILO WERK GMBH) * Zusammenfassung *	6	FO4D13/14 FO4D15/00 FO4D15/02 FO4D13/06
A	FR-A-1 115 826 (AKTIEBOLAGET FLYGTS PUMPAR) * Seite 2, rechte Spalte, Zeile 54 - Seite 3, linke Spalte, Zeile 9 *	15	RECHERCHIERTE SACHBERICHTE (Int.Cl.)
A	FR-A-2 427 491 (PUMPEN & VERDICHTER VEB K) 1 28.Dezember 1979 * Anspruch 1 *	1	FO4D H02K
A	EP-A-0 464 360 (OPLAENDER WILO WERK GMBH) * das ganze Dokument *	1	FO4D H02K
A	EP-A-0 351 271 (POMPES SALMSON SA ;OPLAENDER WILO WERK GMBH (DE)) * Zusammenfassung *	1,15	FO4D H02K
A	DE-A-43 09 382 (BOSCH GMBH ROBERT) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,3	FO4D H02K
		-/-	FO4D H02K

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchend DEN HAAG	Abschriftdatum der Recherche 28.Juni 1996	Prüfer Zidi, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Y-Dokumenten der gleichen Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		
T : der Erfüllung zugrunde liegende Theorie oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst an oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderer Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 10 4669

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE																			
Kategorie	Kenntzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)																
A	EP-A-0 577 201 (SGS THOMSON MICROELECTRONICS) ---																		
A	DE-U-94 15 935 (GRUNDFOS AS) -----																		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.)																
<p><b>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentsprüche erstellt</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Recherchierort <b>DEN HAAG</b></td> <td>Abschlußdatum der Recherche <b>28.Juni 1996</b></td> <td>Prakt <b>Zidi, K</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> <table border="0"> <tr> <td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td> <td>E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td> </tr> <tr> <td>V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td> <td>G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td> </tr> <tr> <td>A : technischer Hinweis</td> <td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td> </tr> <tr> <td>O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung</td> <td>L : aus einem Gründen angeführte Dokument</td> </tr> <tr> <td>P : Zeitschriftiliteratur</td> <td>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>				Recherchierort <b>DEN HAAG</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>28.Juni 1996</b>	Prakt <b>Zidi, K</b>	<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> <table border="0"> <tr> <td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td> <td>E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td> </tr> <tr> <td>V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td> <td>G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td> </tr> <tr> <td>A : technischer Hinweis</td> <td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td> </tr> <tr> <td>O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung</td> <td>L : aus einem Gründen angeführte Dokument</td> </tr> <tr> <td>P : Zeitschriftiliteratur</td> <td>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente</td> </tr> </table>			X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	A : technischer Hinweis	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung	L : aus einem Gründen angeführte Dokument	P : Zeitschriftiliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente
Recherchierort <b>DEN HAAG</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>28.Juni 1996</b>	Prakt <b>Zidi, K</b>																	
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> <table border="0"> <tr> <td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td> <td>E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td> </tr> <tr> <td>V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td> <td>G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td> </tr> <tr> <td>A : technischer Hinweis</td> <td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td> </tr> <tr> <td>O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung</td> <td>L : aus einem Gründen angeführte Dokument</td> </tr> <tr> <td>P : Zeitschriftiliteratur</td> <td>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente</td> </tr> </table>			X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	A : technischer Hinweis	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung	L : aus einem Gründen angeführte Dokument	P : Zeitschriftiliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente							
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E : der Erfüllung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																		
V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	G : älteres Patentdokument, das jedoch erst am späteren Tag nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																		
A : technischer Hinweis	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																		
O : nichtschriftlicher Offenkundigkeitszuweisung	L : aus einem Gründen angeführte Dokument																		
P : Zeitschriftiliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernatürliche Dokumente																		



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) EP 0 978 657 A1

(12)

## EUROPEAN PATENT APPLICATION

published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Date of publication:  
09.02.2000 Bulletin 2000/06(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: F04D 15/00

(21) Application number: 98917626.8

(86) International application number:  
PCT/JP98/01847

(22) Date of filing: 22.04.1998

(87) International publication number:  
WO 98/49449 (05.11.1998 Gazette 1998/44)(84) Designated Contracting States:  
DE DK FR GB IT

- YAGI, Kaoru  
Tokyo 144-8510 (JP)
- URAWA, Kelta  
Tokyo 144-8510 (JP)
- MIYAZAKI, Yoshiaki  
Tokyo 144-8510 (JP)
- IJIMA, Katsushi  
Tokyo 144-8510 (JP)

(30) Priority: 25.04.1997 JP 12356097

(71) Applicant: EBARA CORPORATION  
Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP)

(72) Inventors:

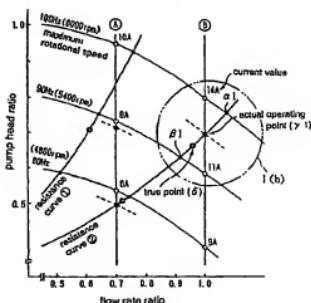
- KOabayashi, Makoto  
Ohta-ku Tokyo 144-8510 (JP)
- Yamamoto, Masakazu  
Ohta-ku Tokyo 144-8510 (JP)
- Miyake, Yoshio  
Tokyo 144-8510 (JP)

(74) Representative:  
Wagner, Karl H., Dipl.-Ing. et al  
WAGNER & GEYER  
Patentanwälte  
Gewürzmühlestrasse 5  
80538 München (DE)

## (54) FLUID MACHINERY

(57) The present invention relates to a fluid machinery for generating a pressure by rotating an impeller with a motor. The fluid machinery has a frequency converter (F) for supplying electric power to the motor, a detector for detecting a frequency and a current value, and a program for specifying in advance the relationship between the frequency and the current value. A frequency and a current value in an actual operation are compared with the specified program, and the frequency generated by the frequency converter (F) is varied so that an operating point of the fluid machinery approaches the specified program.

FIG. 1A



EP 0 978 657 A1

**Description****Technical Field**

[0001] The present invention relates to a fluid machinery, and more particularly to a fluid machinery which includes a centrifugal pump arranged to easily provide constant-flow-rate characteristics suitable for a circulation pump, and an axial-flow pump arranged to easily provide constant-pump-head characteristics suitable for a water supply pump.

**Background Art**

[0002] Heretofore, centrifugal pumps have been used as cold or hot water circulation pumps in heating or cooling applications. Important factors to be taken into account in this heating or cooling applications are as follows:

- ① Even if a required flow rate is known, since there is a slight difference between a calculated pipe-induced loss and an actual pipe-induced loss, the fluid flow rate needs to be adjusted by a valve at site. In this case, the fluid flow suffers an energy loss commensurate with a loss caused by the valve.
- ② When the pipe-induced loss increases due to aging of the pipe, or clogging of the valve caused by foreign matter, the flow rate is reduced. Therefore, it is necessary to adjust the flow rate periodically by the valve or the like.
- ③ Because no means for measuring the flow rate is generally available at site, it is necessary to know the pressure with a pressure gage or the like and estimate the flow rate based on a pump characteristic curve. However, this process is low in accuracy.

[0003] Conventional techniques for solving the above problems are set forth as follows:

- ① A signal from an electromagnetic flowmeter is processed by a control console, and the opening of a solenoid-operated valve is controlled. Since this process is expensive and accompanied by a loss caused by the valve, its energy-saving effect is small.
- ② A signal from an electromagnetic flowmeter is sent to a frequency converter for operating the pump at variable speeds. This process has an energy-saving effect, but is expensive.
- ③ The pump has a rotational speed selecting knob which is used to change Q - H characteristics of the pump and also to meet a required flow rate in combination with a valve. This process is effective to reduce an energy loss due to the resistance imposed by the valve, but is not effective to stabilize the flow rate. If there is an increase in the pipe-induced loss, then, the flow rate needs to be adjusted each time the pipe-induced loss increases.

**Disclosure of Invention**

[0004] In view of the above problems, it is therefore an object of the present invention to provide a fluid machinery such as a centrifugal pump or the like which requires no special auxiliary facilities and supplies a stable flow rate at all times regardless of changes in the resistance imposed by the pipe.

[0005] Another object of the present invention is to provide a fluid machinery such as an axial-flow pump which generates a constant pump head even when the flow rate varies, and is suitable for use as a water supply pump.

[0006] In order to achieve the above object, according to the present invention, there is provided a fluid machinery for generating a pressure by rotating an impeller with a motor, comprising: a frequency converter for supplying electric power to the motor; a detector for detecting a frequency and a current value; and a program for specifying in advance the relationship between the frequency and the current value; wherein a frequency and a current value in an actual operation are compared with the specified program, and the frequency generated by the frequency converter is varied so that an operating point of the fluid machinery approaches the specified program.

[0007] According to an aspect of the present invention, the fluid machinery is such a type that a shaft power increases as a flow rate increases at a constant rotational speed, and the flow rate of the fluid machinery is controlled so as to be substantially constant even when a generated pressure varies.

[0008] According to an aspect of the present invention, the fluid machinery is such a type that a shaft power decreases as a flow rate increases at a constant rotational speed, and a generated pressure is controlled so as to be substantially constant even when the flow rate varies.

[0009] According to an aspect of the present invention, the frequency (Hz) and the current value (A) are related by a unique function and programmed.

[0010] For example, the relationship is represented by  $A = K \cdot f^n$  (where  $K$  and  $n$  represent positive constants). The frequency converter has means for changing values of  $K$  and  $n$ .

[0011] According to the present invention, there is also provided a pump assembly comprising: a centrifugal pump

driven by a three-phase induction motor; a frequency converter for supplying electric power to the three-phase induction motor; a detector provided in the frequency converter for detecting a frequency and a current value; and a program for specifying the relationship between the frequency and the current value which is stored by the frequency converter; wherein a frequency and a current value in an actual operation are compared with the specified program, and the frequency generated by the frequency converter is varied so that an operating point of the pump is closer to the specified program, and a flow rate is controlled as to be substantially constant even when a pump head of the pump varies.

[0012] According to an aspect of the present invention, the pump assembly has a function for multiplying time outputted from the frequency converter by the value of the constant flow rate for thereby calculating the flow rate. The frequency converter has an indicator for the flow rate.

#### 10 Brief Description of Drawings

[0013]

15 FIGS. 1A and 1B are diagrams illustrative of a basic concept of a fluid machinery according to the present invention;  
 FIG. 2 is a diagram illustrative of a basic concept of a fluid machinery according to the present invention;  
 FIG. 3 is a cross-sectional view of a pump assembly suitable for embodying the present invention; and  
 FIG. 4 is a circuit diagram of a frequency converter in the present invention.

#### 20 Best Mode for Carrying Out the Invention

[0014] An embodiment of a fluid machinery according to the present invention will be described below.  
 [0015] FIGS. 1A and 1B are diagrams illustrative of a basic concept of a fluid machinery according to the present invention. FIG. 1A is a diagram showing the relationship between the flow rate ( $Q$ ) and pump head ( $H$ ) of a centrifugal pump which is an example of the fluid machinery, and FIG. 1B is a diagram showing at an enlarged scale an encircled area ( $\square$ ) in FIG. 1A. In FIG. 1A, the horizontal axis represents the flow rate ratio, and the vertical axis represents the pump head ratio. A motor for actuating the centrifugal pump has an inverter and a plurality of knobs (selecting means) for selecting a desired flow rate. The motor comprises a three-phase induction motor, for example.

30 [0016] In FIGS. 1A and 1B, it is assumed that two sets of an inverter frequency (Hz) and a current (A (ampere)) are stored in a memory as follows:

$$\text{Knob A} \quad A = 0.001 \times Hz^2 \quad - \cdot - \text{ flow rate ratio } 0.7$$

$$35 \quad \text{Knob B} \quad A = 0.0014 \times Hz^2 \quad * * * \text{ flow rate ratio } 1.0$$

[0017] Now, it is assumed that the knob B is selected.  
 [0018] At this time, the pipe exhibits a resistance curve  $\odot$  in FIG. 1A.  
 [0019] When the pump is actuated, it is operated at a frequency of 100 Hz (6000 rpm) that has been stored before-hand. The operating point is at a point  $\alpha$  of intersection (100 Hz - 15 A) between the Q-H curve and the resistance curve  $\odot$ . At this operating point, the current value is larger than the stored current  $A = 0.0014 \times Hz^2$  ( $A = 0.0014 \times 100^2 = 14A$ ), meaning that the current value is excessively large for the frequency of 100 Hz.  
 [0020] The inverter then decelerates the pump to equalize the current to  $A = 0.0014Hz^2$ , i.e., operates the pump at a reduced frequency.  
 45 [0021] It is assumed that the pump is operated at 90 Hz as a result of the deceleration. The operating point is now at a point  $\beta$  of intersection (90 Hz - 10 A) between the Q-H curve and the resistance curve  $\odot$ . At this operating point, the current value is smaller than the stored current  $A = 0.0014Hz^2$  ( $A = 0.0014 \times 90^2 = 11.34 A$ ), meaning that the current value is excessively small for the frequency of 90 Hz.  
 [0022] The inverter then accelerates the pump to equalize the current to  $A = 0.0014Hz^2$ , i.e., operates the pump at an increased frequency.  
 50 [0023] As a consequence, the pump is operated at a point  $\gamma$  where  $A = 0.0014 \times 95^2 \approx 12.5 A$  (85 Hz - 12.5 A).  
 [0024] Therefore, the pump is operated at a flow rate of the selected knob B. According to this process, the pump is operated at a constant flow rate with a minimum amount of consumed electric power required, regardless of the magnitude and variations of the resistance imposed by the pipe. The process is thus optimum for a circulation pump.  
 55 [0025] A true point  $\delta$ , representing a flow rate and a pump head that are really necessary, in FIG. 1A is an operating point where a most suitable quantity of heat is supplied when the pump is used to circulate hot water. This point may possibly deviate slightly from a calculated operating quantity of heat because a margin is introduced for calculations.  
 [0026] In order to solve the above problem, more types (e.g., about 8 types, rather than the two types of A, B shown

in FIG. 1A) that can be selected by the flow rate selecting knob for the inverter may be employed.

[0027] The foregoing description is directed to the example of a centrifugal pump where the shaft power (consumed electric power and current value) increases as the flow rate increases at a constant rotational speed (constant frequency (Hz)).

5 [0028] FIG. 2 is a diagram illustrative of a process of controlling, under a constant pressure, an axial-flow pump where the shaft power decreases as the flow rate increases at a constant rotational speed (constant frequency (Hz)). In FIG. 2, the horizontal axis represents the flow rate ratio, and the vertical axis represents the pump head ratio.

[0029] In FIG. 2, it is assumed that one set of an inverter frequency (Hz) and current (A (ampere) in an inverter is stored in a memory as follows:

$$10 \quad A = 0.0012 \times Hz^2 \quad \dots \text{flow rate ratio } 0.75$$

[0030] The pipe has a resistance curve ① in FIG. 2.

[0031] When the pump is actuated, it is operated at a frequency of 100 Hz (6000 rpm) that has been stored beforehand. The operating point is at a point  $a2$  of intersection (100 Hz - 14 A) between the Q-H curve and the resistance curve ①. At this operating point, the current value is larger than the stored current  $A = 0.0012 \times Hz^2$  ( $A = 0.0012 \times 100^2 = 12A$ ), meaning that the current value is excessively large for the frequency of 100 Hz.

[0032] The inverter then decelerates the pump to equalize the current to  $A = 0.0012Hz^2$ , i.e., operates the pump at a reduced frequency.

20 [0033] It is assumed that the pump is operated at 90 Hz as a result of the deceleration. The operating point is now at a point  $b2$  of intersection (90 Hz - 9 A) between the Q-H curve and the resistance curve ①. At this operating point, the current value is lower than the stored current  $A = 0.0012Hz^2$  ( $A = 0.0012 \times 90^2 = 9.72 A$ ), meaning that the current value is excessively small for the frequency of 90 Hz.

[0034] The inverter then accelerates the pump to equalize the current to  $A = 0.0012Hz^2$ , i.e., operates the pump at an increased frequency.

25 [0035] As a consequence, the pump is operated at a point where  $A = 0.0012 \times 95^2 \approx 11 A$  (95 Hz - 11 A), i.e., under a selected pressure. According to this process, the pump is operated under a constant pressure (pump head) with a minimum amount of consumed electric power required, regardless of the magnitude and variations of the resistance imposed by the pipe. The process is thus optimum for a water supply pump.

30 [0036] According to the present invention, as shown in FIGS. 1A, 1B, and 2, since the pump alone is capable of maintaining a flow rate or a pressure at a constant level without using an electromagnetic flowmeter or a pressure gage (or a pressure sensor), the user is not required to have special auxiliary facilities and to perform any operation such as an operation for adjusting any valves.

[0037] FIG. 3 shows a pump assembly suitable for embodying the present invention. The pump assembly comprises a full-circumferential-flow-type canned motor pump in which a fluid being handled flows around a motor.

35 [0038] The full-circumferential-flow-type canned motor pump according to the illustrated embodiment comprises a pump casing 1, a canned motor 6 housed in the pump casing 1, and an impeller 8 fixed to an end of a main shaft 7 of the canned motor 6. The pump casing 1 comprises an outer pump casing barrel 2 and a suction casing 3 and a discharge casing 4 which are connected respectively to opposite ends of the outer pump casing barrel 2. The suction casing 3 is joined to the outer pump casing barrel 2 by welding, and the discharge casing 4 is joined to the outer pump casing barrel 2 by flanges 61, 62. Each of the outer pump casing barrel 2, the suction casing 3, and the discharge casing 4 is made of sheet metal such as stainless steel.

40 [0039] The canned motor 6 comprises a stator 13, an outer motor frame barrel 14 disposed around the stator 13, a pair of side motor frame plates 15, 16 welded to opposite ends of the outer motor frame barrel 14, and a can 17 fitted in the stator 13 and welded to the side motor frame plates 15, 16. A rotor 18 rotatably disposed in the stator 13 is shrink-fitted over the main shaft 7. An annular space (flow passage) 40 is defined between the outer motor frame barrel 14 and the outer pump casing barrel 2. An inverter (frequency converter) F is fixedly mounted on an outer surface of the outer pump casing barrel 2 which confines the fluid to be pumped around the motor. The inverter F is housed in a case 20 which accommodates a flow rate indicator and a flow rate selecting knob.

45 [0040] A guide member 11 for guiding the fluid radially inwardly is held by the side motor frame plate 15 of the canned motor 6. The impeller 8 is housed in an inner casing 12 that is fixed to the guide member 11. A seal member 13 is disposed around the guide member 11.

[0041] A liner ring 51 is mounted on an inner end of the guide member 11 and held in sliding contact with a front face (inlet mouth) of the impeller 8. The inner casing 12 is substantially dome-shaped, and covers an end of the main shaft 7 of the canned motor pump 6. The inner casing 12 has a guide device 12a comprising guide vanes or a volute for guiding the fluid discharged from the impeller 8. The inner casing 12 also has an air vent hole 12b defined in a distal end thereof.

55 [0042] Bearings that are used comprise plain bearings made of silicon carbide, and all the bearings are disposed in

a space defined between the motor rotor 18 and the impeller 8. The bearings are lubricated by liquid handled by the pump.

[0043] A bearing bracket 21 is made of cast stainless steel. Stationary radial bearings 22, 23 are shrink-fitted in axially opposite ends of the bearing bracket 21, and are prevented from rotating by a synthetic resin injected from their outer circumferential surfaces. The stationary radial bearings 22, 23 have axial ends held in sliding contact with respective rotatable thrust bearings 24, 25. The rotatable thrust bearings 24, 25 and rotatable radial bearings 26, 27 are fixedly mounted on the main shaft 7 by a impeller locking nut 29 with the impeller 8 and a distance piece 23 interposed there-between.

[0044] Operation of the full-circumferential-flow-type canned motor pump shown in FIG. 3 will briefly be described below. The fluid drawn from the suction casing 3 flows into the annular flow passage 40 defined between the outer motor frame barrel 14 and the outer pump casing barrel 2, passes through the annular flow passage 40, and is guided into the impeller 8 by the guide member 11. The fluid discharged from the impeller 8 flows through the guide device 12a, and is discharged from the discharge casing 4.

[0045] An embodiment of the frequency converter in the present invention will be described below with reference to FIG. 4. In FIG. 4, the fluid machinery such as a pump is denoted by M, and the frequency converter is denoted by F. If a three-phase AC electric energy is supplied to the frequency converter F, then the frequency converter F includes a converter section comprising a rectifying circuit 41 for converting an alternating current into a direct current and a smoothing capacitor 42 for smoothing a rectified voltage, and a three-phase inverter 43 for converting the direct current into an alternating current. To the converter section, there are connected an auxiliary power supply 44 and a voltage detector 45 which detects a DC voltage of the converter section. The frequency converter F also has a controller 46 which stores the relationship between generating frequencies and current values. The controller 46 outputs a PWM signal to drive the three-phase inverter 43.

[0046] A current detecting sensor 48 is connected to an output terminal of the three-phase inverter 43. A current detected by the current detecting sensor 48 is converted by a current detector 47 into a signal which is supplied to the controller 46. The three-phase inverter 43 has output terminals connected to the motor 6, which is associated with a temperature sensor 49.

[0047] The controller 46 comprises a ROM which stores a function for specifying a generating frequency and a current, a CPU for comparing a signal from the current detector 47 with settings stored in the ROM, performing arithmetic operations, and outputting a PWM signal, and a control IC.

[0048] The frequency converter F has the controller 46, and can store time which the frequency converter has outputted. If the pump is operated according to the above constant flow-rate control process, then the frequency converter F is capable of detecting the flow rate of the fluid delivered by the pump from moment to moment. The frequency converter F also has a calculating function. Thus, the frequency converter F can indicate an integrated flow rate, in addition to a flow rate from moment to moment. The pump assembly can therefore be used as a flowmeter.

[0049] Furthermore, using a memory function of the frequency converter F, the pump assembly can be automatically operated to perform a task of delivering a certain amount (e.g., 1 m<sup>3</sup>) of water for an every certain period of time (e.g., 24 hours) for a certain number of successive days (e.g., 5 days), stop performing the task for a certain number of successive days (e.g., 2 days), and perform the task for a certain number of successive days (e.g., 5 days). This process is suitable for limiting the amount of water supper per day for water saving purposes, and has an advantage that it can automatically supply water without the need for any special ancillary facilities.

[0050] As described above, the present invention provides a fluid machinery such as a centrifugal pump which needs no special ancillary facilities, but can supply a fluid at a stable rate at all times, regardless of changes in the resistance imposed by the pipe.

[0051] According to the present invention, there is also provided a fluid machinery such as an axial-flow pump which is capable of generating a constant pump head regardless of changes in the flow rate.

#### Industrial Applicability

[0052] The present invention is preferably applicable to a fluid pump including a centrifugal pump which can easily provide constant-flow-rate characteristics suitable for a circulation pump, and an axial-flow pump which can easily provide constant-pump-head characteristics suitable for a water supply pump.

#### Claims

[0053] 1. A fluid machinery for generating a pressure by rotating an impeller with a motor, comprising:

a frequency converter for supplying electric power to the motor,  
a detector for detecting a frequency and a current value, and

EP 0 978 657 A1

a program for specifying in advance the relationship between the frequency and the current value; wherein a frequency and a current value in an actual operation are compared with the specified program, and the frequency generated by said frequency converter is varied so that an operating point of the fluid machinery approaches the specified program.

- 5      2. A fluid machinery according to claim 1, wherein said fluid machinery is such a type that a shaft power increases as a flow rate increases at a constant rotational speed, and the flow rate of said fluid machinery is controlled so as to be substantially constant even when a generated pressure varies.
- 10     3. A fluid machinery according to claim 1, wherein said fluid machinery is such a type that a shaft power decreases as a flow rate increases at a constant rotational speed, and a generated pressure is controlled so as to be substantially constant even when the flow rate varies.
- 15     4. A fluid machinery according to claim 1, wherein the frequency (Hz) and the current value (A) are related by a unique function and programmed.
- 20     5. A fluid machinery according to claim 4, wherein the relationship between said frequency (Hz) and said current value (A) is expressed by  $A = K \text{Hz}^n$  (where K and n represent positive constants).
- 25     6. A fluid machinery according to claim 5, wherein said frequency converter has means for changing values of K and n.
- 30     7. A pump assembly comprising:
  - a centrifugal pump driven by a three-phase induction motor;
  - a frequency converter for supplying electric power to said three-phase induction motor;
  - a detector provided in said frequency converter for detecting a frequency and a current value; and
  - a program for specifying the relationship between the frequency and the current value which is stored by said frequency converter;

35     wherein a frequency and a current value in an actual operation are compared with the specified program, and the frequency generated by said frequency converter is varied so that an operating point of the pump approaches the specified program, and a flow rate is controlled so as to be substantially constant even when a pump head of said pump varies.

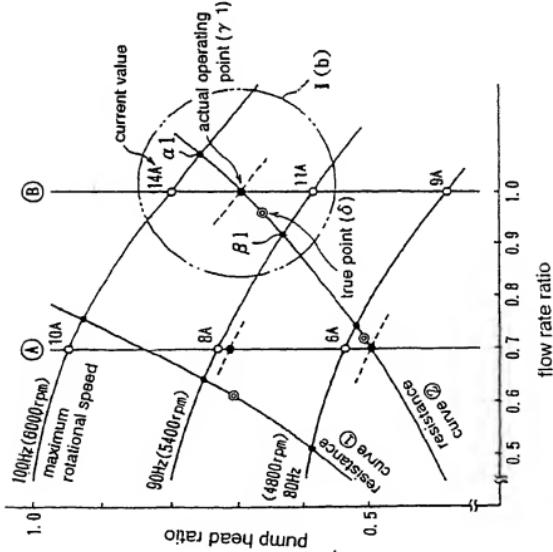
- 40     8. A pump assembly according to claim 7, wherein said pump assembly has a function for multiplying time outputted from said frequency converter by the value of the constant flow rate for thereby calculating the flow rate.
- 45     9. A pump assembly according to claim 8, wherein said frequency converter has an indicator for the flow rate.
- 50     10. A pump assembly according to claim 8, wherein by using a memory function of said frequency converter, said pump assembly can be automatically operated to perform a task of delivering a certain amount of water for an every certain period of time for a certain number of successive days, stop performing the task for a certain number of successive days, and perform the task for a certain number of successive days.

45

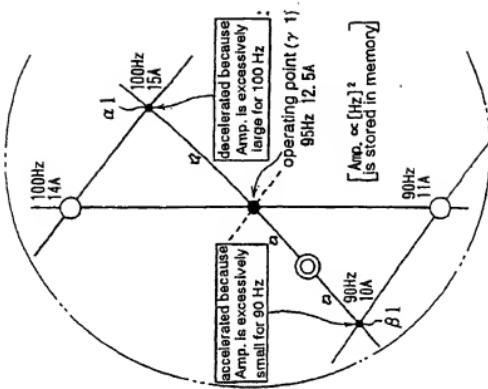
50

55

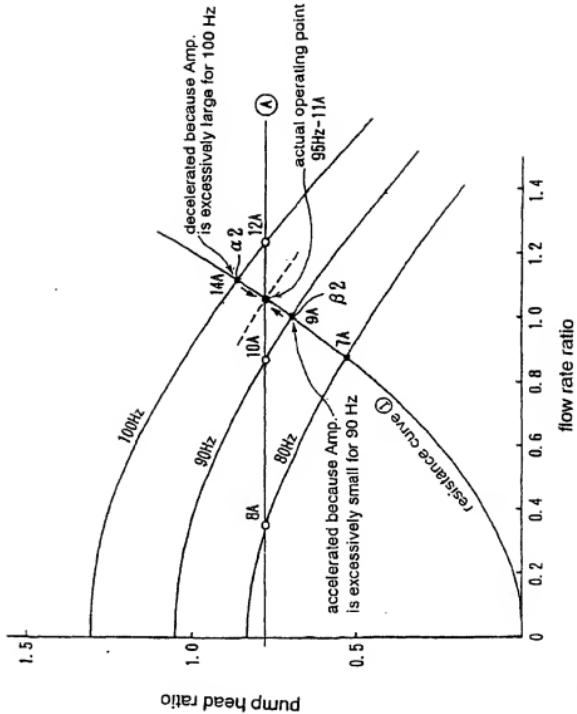
F / G. 1A

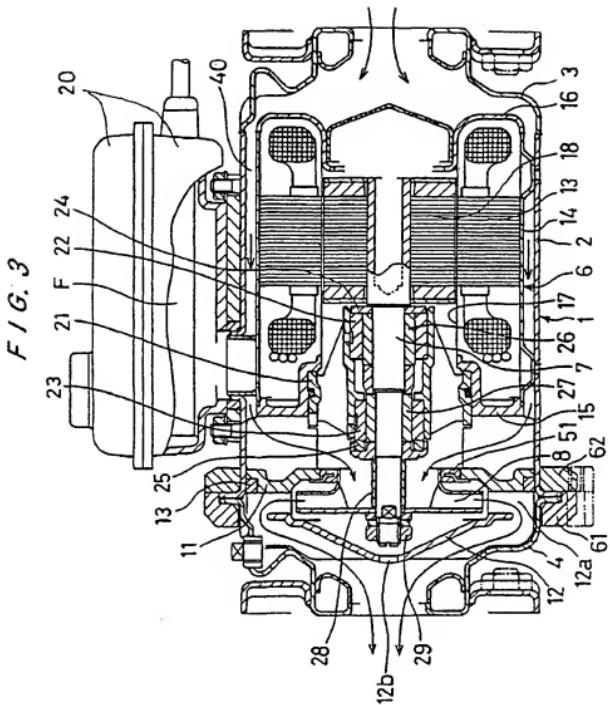


F / G. 1B

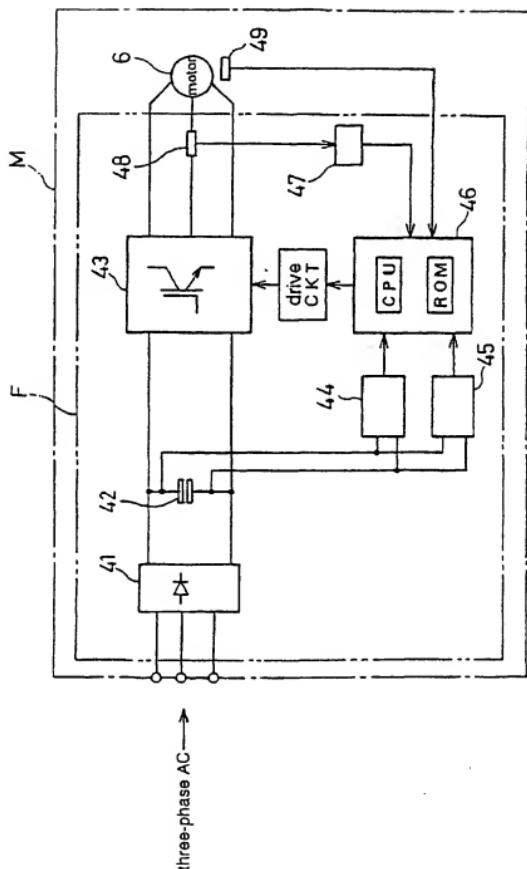


F / G. 2





F / G. 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP98/01947A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>1</sup> F04D15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>1</sup> F04D15/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category <sup>2</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 61-180154, A (Sanyo Electric Co., Ltd.), August 23, 1986 (23. 08. 86), All pages (Family: none)	1, 7
EY	JP, 09-096292, A (Tsurumi Mfg. Co., Ltd.), April 8, 1997 (08. 04. 97), All pages (Family: none)	2

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- \* Special or general document:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance;
- "E" earlier document (not published on or after the international filing date) which may throw doubt on priority claimed in which a claim is filed before the publication date of another earlier or other special document (with reference to the date of filing);
- "U" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other similar event;
- "T" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed.

<sup>1</sup> later document published after the international filing date or priority date and in conflict with the application being filed in accordance with the principle or theory underlying the invention.

<sup>2</sup> "X" document of particular relevance; the related invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone.

<sup>3</sup> "Y" document of particular relevance; the related invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

<sup>4</sup> "Z" document member of the same patent family

Date of the initial completion of the international search July 29, 1998 (29. 07. 98)	Date of mailing of the international search report August 11, 1998 (11. 08. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Faximile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

**PCT**

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F04D 15/00, H02P 7/628</b>	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/04835</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>5. Februar 1998 (05.02.98)</b>
(21) Internationales Aktenzelchen: <b>PCT/EP97/04041</b>	(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmeldedatum: <b>25. Juli 1997 (25.07.97)</b>	 	
(30) Prioritätsdaten: <b>196 30 384.2 29. Juli 1996 (29.07.96) DE</b>	 	
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): GEBR. BECKER GMBH & CO. (DE/DE); Höller Feld 29-31, D- 42279 Wuppertal (DE).		
(72) Erfinder; und	Veröffentlicht	
(73) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): HENNING, Hans-Heinrich (DE/DE); Hermann-Löns-Straße 30, D-58256 Ennepetal (DE). WINKELSTRÖTER, Walter (DE/DE); Rosegger- strasse 33, D-42289 Wuppertal (DE). HOLLMANN, Carldieter (DE/DE); Bommerholzer Strasse 57, D-58456 Witten (DE). HEISLER, Olaf (DE/DE); Winddecke 100, D-58256 Ennepetal (DE). FROHN, Dieter (DE/DE); Obere Lichtenplatzer Strasse 361, D-42287 Wuppertal (DE). HILVERKUS, Achim (DE/DE); Wickhausen 100, D-42929 Wermelskirchen (DE).		
(74) Anwälte: MÜLLER, Enno usw.; Corneliusstrasse 45, D-42329 Wuppertal (DE).	Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	

(54) Titel: PROCESS FOR REGULATING A UNIT OR A FREQUENCY CONVERTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES AGGREGATS UND FREQUENZUMRICHTER

(57) Abstract

The invention relates to the process for regulating a unit driven by a three-phase motor such as a pump or a compressor, including a side channel compressor, with feeding features like volume flow and differential pressure. The three-phase motor is preceded by a frequency converter, inside or after which the power current is measured. In order to improve the regulation process of such a unit, it is suggested to take into account the measured intensity of current when regulating a feeding feature.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines mittels eines Drehstrommotors angetriebenen Aggregates wie einer Pumpe oder eines Verdichters, bspw. eines Seitenkanalverdichters, mit Förderkennwerten wie Volumenstrom oder Druckdifferenz, wobei dem Drehstrommotor ein Frequenzumrichter vorgeschaltet ist und im oder nach dem Frequenzumrichter eine Messung des elektrischen Stroms erfolgt. Um ein verbessertes Verfahren zur Regelung eines solchen Aggregates anzugeben, schlägt die Erfindung vor, daß die gemessene Stromstärke zur Einstellung eines Förderkennwertes herangezogen wird.

(18) REPUBLIQUE FRANCAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
la révéler que pour les  
commandes de reproduction

(21) N° d'enregistrement national :

2 529 965

83 10764

(51) Int Cl<sup>3</sup> : F 04 D 15/00.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 29 juin 1983.

(30) Priorité DE, 6 juillet 1982, n° P 32 25 141.6.

(71) Demandeur(s) : Société dite : GRUNDFOS A/S, régie  
selon les lois danoises. — DK.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 2 du 13 janvier 1984.

(50) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

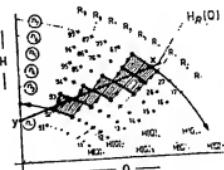
(72) Inventeur(s) : Nils Due Jensen, Kurt Frank Nielsen et  
Bent Larsen.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Dupuy et Loyer.

(53) Groupe moto-pompe à réglage de vitesse.

(57) Dans un groupe moto-pompe comprenant un moteur électrique et une pompe centrifuge entraînée par ce dernier, la vitesse de rotation peut être réglée par paliers en fonction des caractéristiques de fonctionnement sélectionnées du groupe à l'intérieur d'un diagramme caractéristique dont les limites sont déterminées d'une part par les deux courbes d'étranglement pour les vitesses de rotation maximale et minimale et, d'autre part, par les coordonnées hauteur de refoulement et débit. Une section partielle définie peut être déterminée respectivement sur les courbes d'étranglement valables pour des vitesses constantes. Une commutation de la vitesse est déclenchée dès que les caractéristiques de fonctionnement du groupe qui sont représentatives pour les valeurs extrêmes des sections particulières sont atteintes, la vitesse étant réduite lorsque, sur une section partielle, la valeur extrême avec la hauteur de refoulement supérieure et le débit inférieur est atteinte, et augmentée lorsque, sur la section partielle correspondante, l'autre valeur extrême avec la hauteur de refoulement inférieure et le débit supérieur est atteinte.



---

# UK Patent Application GB 2 124 304 A

---

(21) Application No 8318212

(22) Date of filing 6 Jul 1983

(30) Priority data

(31) 3225141

(32) 6 Jul 1982

(33) Fed. Rep. of Germany (DE)

(43) Application published

15 Feb 1984

(51) INT CL<sup>3</sup>

F04C 15/04 F04D 27/00

(52) Domestic classification

F1F AX

F1C 114 501 504 505 513

601 D

U1S 1978 F1C F1F

(56) Documents cited

None

(58) Field of search

F1C

F1F

F1U

F1W

(71) Applicant

Grundfos A/S

(Denmark),

7-11 Østre Ring Vej,

8860 Bjerringbro,

Denmark

(72) Inventor

Nils Due Jensen,

Kurt Frank Nielsen,

Bent Larsen

(74) Agent and/or Address for

Service

Beron end Warren,

18 South End,

Kensington, London

W8 6BU

## (54) Rotary pumps

(57) In a pumping set comprising a rotary pump driven by an electric motor the speed is controlled as a function of selected operating parameters in steps within a characteristic field, the limits of which are determined by two modulating graphs H(Q) for the maximum and minimum speeds and by the co-ordinates of delivery head H and delivery flow Q. A particular partial span is in each case determined on the modulating graphs for constant speeds. A speed

switching action is initiated upon reaching the operating parameters of the set representative for the terminal values of the partial spans, the speed being lowered if the one terminal value is reached on one partial span with the greater delivery head H and the lesser delivery flow Q, and raised if the other terminal value on the partial span in question is obtained with the lesser delivery head H and the greater delivery flow Q. The pumping set may be employed in a hot water and central-heating plant.

GB 2 124 304 A

Groupe moto-pompe à réglage de vitesse

L'invention concerne un groupe moto-pompe à réglage de vitesse comprenant un moteur électrique et une pompe centrifuge entraînée par ce dernier, dont la vitesse de rotation n'est réglable par paliers en fonction de caractéristiques de fonctionnement sélectionnées du groupe à l'intérieur d'un diagramme caractéristique dont les limites sont déterminées d'une part par les deux courbes d'étranglement  $H(Q)$  pour les vitesses de rotation maximale et minimale et, d'autre part, par les coordonnées hauteur de refoulement  $H$  et débit  $Q$ .

Comme on le sait, le point de fonctionnement d'une installation de pompage coïncide avec le point d'intersection de la courbe caractéristique de l'installation  $H_A(Q)$  et de la courbe d'étranglement de la pompe  $H(Q)$ . Des modifications de ce point de fonctionnement nécessitent donc une modification de la courbe caractéristique de l'installation, de la courbe caractéristique de la pompe ou des deux courbes.

Comme on le sait, la variation de la courbe caractéristique de l'installation par la fermeture d'un robinet ou par l'ouverture d'une dérivation entraîne des pertes d'énergie. En revanche, l'adaptation de la courbe caractéristique de la pompe par variation de la vitesse à l'état de fonctionnement désiré de l'installation peut être réalisée presque sans pertes. En plus de la consommation d'énergie plus faible, il est bien souvent avantageux que la pompe à réglage de vitesse fournitise seulement la différence de pression nécessaire pour l'installation de telle façon que des bruits d'écoulement peuvent être évités. Le constructeur

d'installations réclame donc un groupe moto-pompe dont la courbe d'étranglement peut être adaptée dans une large mesure avec un bon rendement aux différentes courbes caractéristiques de l'installation et qui permet, en plus, une installation aussi simple que possible.

C'est pourquoi on a déjà exprimé et discuté à plusieurs reprises le désir de disposer de pompes dont les courbes caractéristiques peuvent être placées arbitrairement en essayant autant que possible de faire fonctionner la pompe en dehors du réseau de caractéristiques lequel pourrait conduire, dans le cas contraire, à des bruits d'écoulement dans des systèmes remplis d'eau et à un mauvais comportement de réglage.

Il existe sur le marché des pompes conçues en tenant compte de cette considération et dont le moteur triphasé à induit en court-circuit peut tourner avec réglage continu de la vitesse par l'intermédiaire d'un convertisseur de fréquences. La pression différentielle produite et mesurée par la pompe et le débit volumique également mesuré sont alors comparés avec une courbe caractéristique préprogrammée du groupe et réglés sur cette courbe par l'intermédiaire de la vitesse de rotation. Toutefois, compte tenu des dépenses métrologiques, des groupes moto-pompes commandés de ce genre sont très coûteux. En outre, leur commande est compliquée et très sensible du fait des travaux considérables pour l'installation. C'est pourquoi ces groupes sont le plus souvent réservés pour les grandes puissances et ils doivent être installés par des spécialistes.

La présente invention a pour objet de créer un groupe moto-pompe à réglage de vitesse simple et bon marché dont la courbe caractéristique peut être choisie, en principe, à volonté. Pendant le fonctionnement du groupe, cette courbe caractéristique doit pouvoir être atteinte dans une très large mesure par une commutation par paliers de la vitesse de rotation sans qu'il soit nécessaire de recourir à une métrologie coûteuse.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que le groupe moto-pompe du genre précité est réalisé de

telle façon que sur les courbes d'étranglement  $H(Q)$  valables pour les vitesses  $n_1 = \text{const.}$  on peut définir respectivement une section partielle déterminée et qu'une commutation de la vitesse est déclenchée au moment de l'atteinte des 5 caractéristiques de fonctionnement électriques ou hydrauliques du groupe représentatives pour les valeurs extrêmes des sections partielles de sorte que la vitesse est réduite lorsque, sur une section partielle, la valeur extrême avec la hauteur de refoulement  $H$  supérieure et le débit  $Q$  inférieur est atteinte, et qu'elle est augmentée lorsque l'autre valeur extrême avec la hauteur de refoulement  $H$  inférieure et le débit  $Q$  supérieur est atteinte. On peut tracer une caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  imaginaire présélectionnée arbitrairement pour l'application pratique 15 respective du groupe et coupant les sections partielles de telle façon que lors de l'atteinte des caractéristiques de fonctionnement électriques ou hydrauliques du groupe représentatives pour les valeurs extrêmes des sections partielles la commutation de la vitesse est déclenchée, la vitesse 20 étant réduite pour une valeur extrême située, dans le réseau de caractéristiques, au-dessus de la caractéristique du groupe, et augmentée dès l'atteinte d'une valeur extrême située en dessous de cette caractéristique.

La caractéristique de réglage pré-déterminée  $H_R(Q)$  25 coupe donc une série de courbes d'étranglement, chacun de ces points d'intersection étant placé entre les valeurs extrêmes de la section partielle considérée de la courbe d'étranglement, ce qui permet alors d'utiliser les caractéristiques de fonctionnement électriques ou hydrauliques qui 30 sont déterminantes pour les valeurs extrêmes pour la commutation de la vitesse et d'approcher la caractéristique présélectionnée de l'installation par la juxtaposition des sections partielles de courbes d'étranglement correspondant à différentes vitesses de rotation.

35 La fig. 1 présente une série de courbes d'étranglement  $H(Q)$  pour des vitesses constantes  $n_i$ . Pour une installation inchangée, les relations  $Q_1/Q_2 = n_1/n_2$ ,  $H_1/H_2 = n_1^2/n_2^2$

et  $P_{Q1}/P_{Q2} = n_1^3/n_2^3$  appelées lois d'affinité sont valables, Q étant le débit, H la hauteur de refoulement, P la puissance d'entraînement électrique et n la vitesse de rotation du groupe moto-pompe.

5 . Etant donné que dans le diagramme H-Q l'abscisse varie linéairement alors que l'ordonnée varie quadratiquement avec la vitesse n, les points associés des différentes courbes d'étranglement se situent sur des paraboles  $R_1$  à  $R_x$  dont le sommet coïncide avec l'origine des coordonnées.

10 Toutes les intersections d'une telle parabole R avec les courbes d'étranglement H(Q) sont caractérisées par des triangles de vitesse semblables et par des états impulsifs identiques. De plus, elles présentent presque le même rendement à condition que le rapport entre la vitesse maximale et la vitesse minimale ne soit pas trop grand.

Pour tous les points d'intersection d'une parabole avec les courbes d'étranglement, on obtient de ce fait des valeurs numériques k bien déterminées, à savoir  $Q/n = k_Q$ ,  $H/n^2 = k_H$  ou  $P/n^3 = k_P$ . Il en est de même pour les données 20 électriques qui doivent être fixées, lors du fonctionnement du groupe moto-pompe, sur les points d'intersection précités, par exemple pour l'intensité du courant du moteur d'entraînement, la tension au condensateur du moteur, la tension aux enroulements, etc...

25 Comme il a déjà été dit, les paraboles  $R_1$  à  $R_x$  divisent toutes les courbes d'étranglement H(Q) en sections partielles déterminées et associent aux extrémités de ces sections partielles des caractéristiques de fonctionnement définies et représentatives pour la parabole considérée de 30 telle façon que le champ caractéristique est recouvert d'un réseau de points définis de manière unique. Chacun de ces points peut être utilisé comme point d'extrémité d'une section partielle à sélectionner, à savoir de telle façon que la vitesse est réduite lorsque, sur une section partielle, la valeur extrême avec la hauteur de refoulement H supérieure voire avec le débit Q inférieur est atteinte et qu'elle est augmentée dès l'atteinte, sur la section partielle, de l'autre valeur extrême avec la hauteur de refoulement H inférieure et avec le débit Q supérieur.

En traçant une caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  imaginaire présélectionnée arbitrairement pour l'application pratique respective du groupe et couplant les sections partielles, le processus décrit ci-dessus signifie en 5 d'autres termes que chaque point d'extrémité du réseau situé au-dessus ou à gauche de la caractéristique de réglage peut être utilisé pour l'abaissement de la vitesse et que chaque point d'extrémité placé en dessous ou à droite de la caractéristique de réglage peut être utilisé pour l'augmentation 10 de la vitesse.

Il sera encore expliqué plus en détail comment il convient de choisir ces points d'extrémité voire de commutation. En tout cas, les données déterminantes pour ces points sont mémorisées en tant que programme de commande de 15 façon à pouvoir s'approcher de la caractéristique de réglage par l'exploration en dents de scie des sections partielles sur les courbes d'étranglement pour différentes vitesses.

L'avantage particulier de cette solution réside dans le fait qu'il n'est plus nécessaire de saisir et d'utiliser 20 pour la commande du groupe les données hydrauliques, par exemple pression différentielle et débit, qui ne peuvent être mesurés qu'avec des appareils coûteux, mais que l'on utilise les grandeurs électriques beaucoup plus simples à mesurer telles que l'intensité et la tension au condensateur 25 de service, aux enroulements du moteur, etc... qui, combinées avec voire rapportées à la vitesse connue ou mesurée, fournissent alors les signaux de commutation.

De plus, il est à noter que la largeur des mailles du réseau précité constitué par les courbes d'étranglement 30  $H(Q)$  et par les paraboles  $R$  peut être échelonnée selon une progression arithmétique ou géométrique. Dans le second cas, on travaille avec un nombre inférieur de vitesses, et la caractéristique de réglage est toujours approchée avec la même précision en pourcentage.

35 Un autre avantage réside dans le fait que le groupe moto-pompe peut être réuni avec le système de commande nécessaire en un ensemble prêt au montage dont le branchement électrique et le montage se font comme pour n'importe

quel autre groupe moto-pompe non réglé parce que tous les signaux de commande sont prélevés sur le groupe et traités dans l'unité de commande disposée sur le moteur.

Dans le diagramme représenté à la fig. 1, la courbe 5 d'étranglement  $H(Q)_1$ , est associée à la vitesse la plus faible  $n_1$ , alors que la courbe d'étranglement  $H(Q)_7$ , correspond à la vitesse la plus élevée  $n_7$ . Ces deux courbes délimitent, avec la hauteur de refoulement  $H$  comme ordonnée et avec le débit  $Q$  comme abscisse, le champ à l'intérieur 10 duquel peuvent se situer les points de fonctionnement de la pompe. Pour des raisons pratiques, c'est-à-dire si l'on souhaite, par exemple, un fonctionnement avec un bon rendement ou un bon comportement d'aspiration de la pompe, on se bornera cependant à choisir comme limites non pas les axes 15 des coordonnées mais certaines paraboles d'affinité. Dans la fig. 1, il s'agit là des courbes  $R_1$  et  $R_9$ .

Pour faciliter la discussion, chaque point d'intersection d'une parabole d'affinité  $R$  avec une courbe d'étranglement  $H(Q)$  est désigné par les numéros des courbes. A titre d'exemples, le nombre 97 désigne le point d'intersection de la parabole  $R_9$  et de la courbe d'étranglement  $H(Q)_7$  et le nombre 26 désigne le point d'intersection de la parabole  $R_2$  et de la courbe d'étranglement  $H(Q)_6$ . Le champ d'application pouvant être envisagé pour le groupe moto-pompe considéré est donc un quadrilatère avec les angles 25 97-17-11-91; il faut alors tenir compte du fait que le groupe peut également fonctionner sur la courbe d'étranglement  $H(Q)_2$  jusqu'au débit zéro et sur la courbe d'étranglement jusqu'à la hauteur de refoulement zéro, ce qui est 30 indiqué dans la figure par les flèches partant des points 17 et 92. ~

Or, si le concepteur d'installations prescrit une caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  qui, dans l'exemple représenté à la fig. 1, doit être une droite passant par les 35 points  $x$  et  $y$ , cette droite coupe certaines sections partielles sur les courbes d'étranglement  $H(Q)$  de telle façon que de part et d'autre de la caractéristique de l'installation se trouvent des points d'extrémité sélectionnés des

sections partielles, par exemple les points 37 et 57 pour la vitesse  $n_7$ , les points d'extrémité 35 et 65 pour la vitesse  $n_5$ , etc... Au cours du fonctionnement de la pompe, la caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  peut alors être approchée en explorant les sections partielles des courbes d'étranglement valables pour différentes vitesses. Par ailleurs, il importe peu ici que la caractéristique de l'installation pour le fonctionnement du groupe soit choisie comme limite inférieure ou supérieure ou encore, comme cela est représenté à la figure, comme valeur moyenne, étant donné que, en principe, cette décision est laissée à l'appréciation du concepteur d'installations.

Pour permettre une meilleure compréhension d'un exemple de réglage, considérons le diagramme représenté à 15 la fig. 2 qui reproduit une portion agrandie du réseau de caractéristiques de la fig. 1. L'installation est conçue, par exemple, pour un débit  $Q_x$  et une hauteur de refoulement  $H_x$ . Pour le régime de charge partielle, les points de fonctionnement doivent s'orienter par rapport à la caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  qui a été choisie ici en tant que valeur moyenne. De plus, on considère qu'il s'agit, dans le cas de l'installation en question, d'un système de chauffage central à eau chaude avec des soupapes thermostatiques sur les radiateurs.

25 Le point de fonctionnement x calculé pour la puissance maximale se situe sur la courbe d'étranglement  $H(Q)$  entre les paraboles d'affinité  $R_3$  et  $R_4$ . En cas de fermeture de certaines de ces soupapes thermostatiques, la pression différentielle voire la hauteur de refoulement H 30 augmente et le point de fonctionnement x se déplace en direction du point du réseau 47.

La question de savoir si la vitesse  $n_7$  peut être réduite lorsque le point de commutation 47 est atteint est réglée par une condition de stabilité. Une oscillation du 35 groupe n'est pas possible si, lors de la réduction de la vitesse de  $n_i$  à  $n_{i-1}$ , le débit  $Q_i$  est inférieur au débit  $Q_{i-1}$  lors de l'augmentation de la vitesse de  $n_{i-1}$  à  $n_i$ .

Il ressort de la fig. 2 que le débit au point 47 est égal au débit au point 36 qui est prévu comme point d'augmentation de vitesse. Pour remplir la condition précitée  $Q_i < Q_{i-1}$ , on choisit comme point d'augmentation de vitesse 5 le point du réseau immédiatement supérieur 57. Dans ce cas,  $Q_i < Q_{i-1}$ , c'est-à-dire  $Q_{57} < Q_{36}$ , et un pompage du réglage est exclu. Les mailles suivantes du réseau peuvent être considérées d'une manière analogue. Il convient de choisir comme limites supérieures les points 57-56-65-84-83 pour la 10 réduction de la vitesse et les points 53-44-35-36 pour l'augmentation de la vitesse.

Il est facile à comprendre que les écarts entre les points de fonctionnement réels et les valeurs désirées située sur la caractéristique  $H_R(Q)$  sont d'autant plus 15 faibles que les mailles du réseau sont plus serrées, c'est-à-dire que les points sélectionnés pour les commutations sont plus proches de la caractéristique de réglage imaginaire. Toutefois, dans de nombreuses installations la précision exigée n'est pas très élevée, ce qui permet de se 20 contenter d'un petit nombre de vitesses et de paraboles d'affinité. Il en est ainsi, par exemple, pour les installations de chauffage central à eau chaude. Ici, une approximation grossière est suffisante parce que, dans la même installation, la même puissance calorifique peut être 25 obtenue avec un courant d'eau plus important et une différence de température plus faible entre le conduit d'alimentation et le retour de l'eau de chauffage ou inversement. Dans ce cas, il importe uniquement que la pression différentielle fournie par la pompe soit assez grande pour 30 garantir une distribution d'eau suffisante dans le système et pour éviter à tous les régimes l'apparition de valeurs provoquant des bruits d'écoulement dans la robinetterie.

CI-après il est expliqué comment les différents points marquant les extrémités des sections partielles 35 possibles peuvent être trouvés et fixés. Les courbes d'étranglement  $H(Q)$  pour des vitesses déterminées  $n_i = \text{const.}$  sont enregistrées de la manière habituelle au banc d'essai pour un type de pompe donné. En plus de la hauteur de refoule-

ment H et du débit Q, on mesure alors également toutes les grandeurs électriques qui doivent être utilisées ultérieurement pour la commutation de la vitesse. En ce qui concerne ces grandeurs, il s'agit, par exemple, de la consommation de courant du moteur, de la tension appliquée au condensateur du moteur ou aussi d'autres valeurs qui varient avec la vitesse. Par ailleurs, il est également possible de retenir pour cet usage des grandeurs caractéristiques de service telles que la pression différentielle sur la pompe.

10 "En inscrivant dans le même diagramme des courbes d'étranglement des paraboles d'affinité prédéterminées arbitrairement, il est possible d'associer à chaque point d'intersection d'une courbe d'étranglement avec une parabole d'affinité des données électriques en plus des valeurs H et Q.

15 Les points d'intersection forment un réseau et reçoivent des numéros d'ordre déterminés, par exemple ceux indiqués dans la fig. 1. Les données électriques associées aux points constituent la base de tous les programmes de commande possibles et elles sont mémorisées. Il est alors possible d'associer arbitrairement à chaque point l'instruction pour l'augmentation de la vitesse aussi bien que l'instruction pour la réduction de la vitesse.

Par ailleurs, il y aura essentiellement deux possibilités pour l'application ou l'utilisation pratique de la solution selon l'invention. La première possibilité consiste en ce que le constructeur programme préalablement et de manière fixe certaines sections partielles sur les courbes d'étranglement qui sont caractéristiques et utiles pour des applications souvent répétées du groupe moto-pompe considéré.

30 Dans la technique du chauffage, on s'orientera ainsi par rapport à une série de sections partielles pour laquelle des bruits d'écoulement sont improbables dans le champ d'action sélectionné mais qui garantit néanmoins une distribution uniforme de l'eau dans le système de chauffage.

35 On donnera donc au groupe une "caractéristique négative" qui correspond approximativement à la caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  voire à la droite xy indiquée dans les figures.

La pente et la position de plusieurs caractéristiques xy utilisables avec les sections partielles associées peuvent être prédéterminées différemment pour un type de pompe de telle façon qu'un seul groupe moto-pompe représente, en 5 principe, toute une gamme de pompes avec des caractéristiques différentes. Le chauffagiste doit alors choisir parmi les caractéristiques respectives celle qui convient pour son cas d'application.

Une autre possibilité consiste à laisser le choix 10 des sections partielles au chauffagiste lui-même. Pour cela, il est cependant nécessaire de pouvoir sélectionner les différents points dans le réseau de caractéristiques, par exemple par l'intermédiaire d'un clavier. Compte tenu de la condition de stabilité mentionnée, il faut alors 15 également déterminer les points d'extrémité sélectionnés des sections partielles auxquels la vitesse doit être réduite ou augmentée.

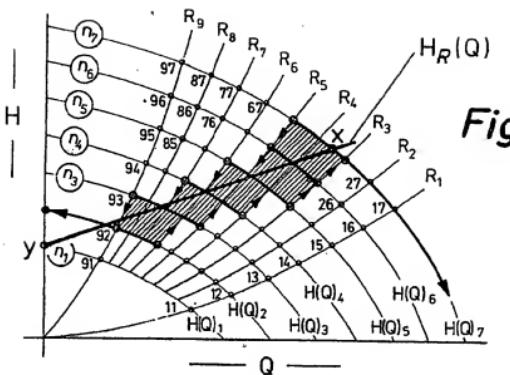
Revendications

1. - Groupe moto-pompe à réglage de vitesse comprenant un moteur électrique et une pompe centrifuge entraînée par ce dernier, dont la vitesse de rotation n'est réglable par paliers en fonction des caractéristiques de fonctionnement sélectionnées du groupe à l'intérieur d'un diagramme caractéristique dont les limites sont déterminées d'une part par les deux courbes d'étranglement  $H(Q)$  pour les vitesses de rotation maximale et minimale et, d'autre part, par les coordonnées hauteur de refoulement  $H$  et débit  $Q$ , caractérisé en ce que respectivement une section partielle définie peut être déterminée sur les courbes d'étranglement  $H(Q)$  valables pour les vitesses  $n_i = \text{const.}$  et qu'une commutation de la vitesse est déclenchée dès que les caractéristiques de fonctionnement électriques ou hydrauliques du groupe qui sont représentatives pour les valeurs extrêmes des sections partielles sont atteintes, la vitesse étant réduite lorsque, sur une section partielle, la valeur extrême avec la hauteur de refoulement  $H$  supérieure et le débit  $Q$  inférieur est atteinte, et augmentée lorsque, sur la section partielle correspondante, l'autre valeur extrême avec la hauteur de refoulement  $H$  inférieure et le débit  $Q$  supérieur est atteinte.

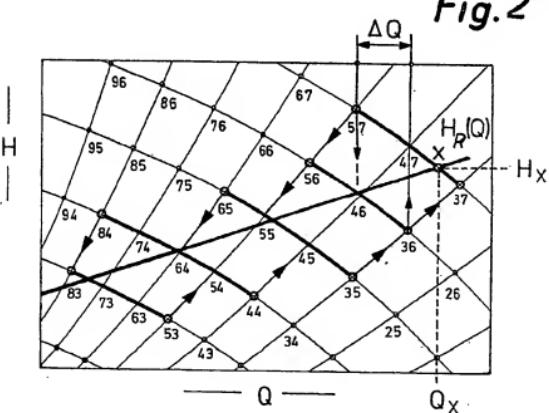
2. - Groupe moto-pompe selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une caractéristique de réglage  $H_R(Q)$  imaginaires préselectionnée arbitrairement pour l'application respective du groupe peut être tracée de façon à couper les sections partielles et que la commutation de la vitesse est déclenchée dès que les caractéristiques de fonctionnement hydrauliques ou électriques du groupe qui sont représentatives pour les valeurs extrêmes des sections partielles sont atteintes, la vitesse étant réduite pour une valeur extrême située, dans le réseau de caractéristiques, au-dessus de la caractéristique de réglage, et augmentée dès l'atteinte d'une valeur extrême située en dessous de la caractéristique de réglage.

3. - Groupe moto-pompe selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que tous les points d'extrémité possibles des sections partielles se situent sur des paraboles d'affinité  $R_x$  qui divisent le réseau des 5 courbes d'étranglement  $H(Q)$  en sections partielles.

4. - Groupe moto-pompe selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les points d'extrémité sur les courbes d'étranglement  $H(Q)_i$  qui provoquent la réduction de la vitesse se situent, dans le réseau de 10 caractéristiques, à gauche des points d'extrémité sur la courbe d'étranglement  $H(Q)_{i-1}$  pour la vitesse immédiatement inférieure de telle façon que la relation  $Q_i < Q_{i-1}$  est toujours valable.



*Fig. 1*



*Fig. 2*

## Two-directional centrifugal pump

Publication number: FR2703409

Publication date: 1994-10-07

Inventor: CHRISTIAN JAULMES

Applicant: SEIM IND (FR)

Classification:

- international: B60S1/48; F04D15/00; B60S1/46; F04D15/00; (IPC1-7): F04D1/00; B60S1/48; F04D29/00; F16K7/17; F16K15/14

- European: B60S1/48B; F04D15/00B3

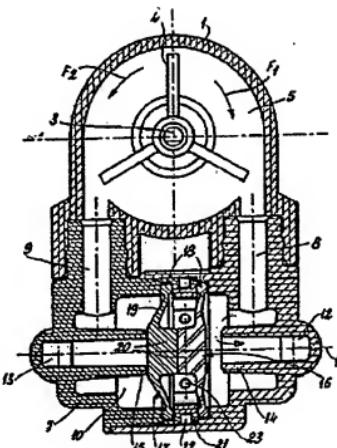
Application number: FR19930004149 19930402

Priority number(s): FR19930004149 19930402

[Report a data error here](#)

### Abstract of FR2703409

The pump comprises a turbine (4) which can be driven in both directions of rotation (F1, F2) and two tangential outlet passages (8, 9) so as to direct the pumped fluid preferentially towards one or other of these passages depending on the direction of rotation. Each outlet passage (8, 9) is provided with a diaphragm-type non-return valve (16, 17) interacting with an annular seat (14, 15). Each diaphragm (16, 17) is preloaded independently of the other diaphragm, in the direction of its application to the associated seat (14, 15) and it includes a central block (20) which comes into operation for mechanical interaction of the two valves, so that the opening of one valve prevents that of the other valve. Specific application: feeding windscreen washer nozzle devices in motor vehicles.



Data supplied from the [csp@cenet](mailto:csp@cenet) database - Worldwide

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 703 409  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) N° d'enregistrement national : 93 04149  
(51) Int Cl<sup>5</sup> : F 04 D 1/00 , 29/00 , F 16 K 15/14 , 7/17 , B 60 S 1/48

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 02.04.93.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société Anonyme déle : SEIM  
INDUSTRIE - FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 07.10.94 Bulletin 94/40.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : Jaulmes Christian.

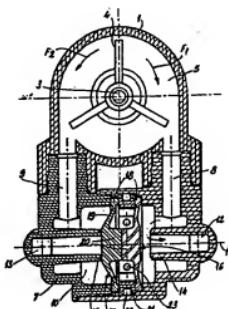
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Germain et Maureau.

(54) Pompe centrifuge bi-directionnelle.

(57) La pompe comprend une turbine (4) pouvant être entraînée dans deux sens de rotation (F1, F2), et deux voies de sortie tangentielles (8, 9), de manière à diriger préférentiellement le fluide pompé vers l'une ou l'autre de ces voies selon le sens de rotation. Chaque voie de sortie (8, 9) est pourvue d'un clapet anti-retour à membrane (16, 17), coopérant avec un siège annulaire (14, 15). Chaque membrane (16, 17) est précontrainte, indépendamment de l'autre membrane, dans le sens de son application sur le siège (14, 15) associé, et elle comporte un plot central (20) intervenant pour une interaction mécanique des deux clapets, telle que l'ouverture d'un clapet interdit celle de l'autre clapet.

Application particulière: alimentation des gicleurs de dispositifs lave-vitre sur les véhicules automobiles.



:R 2 703 409 - A1

**"POMPE CENTRIFUGE BI-DIRECTIONNELLE"**

La présente invention concerne une pompe centrifuge bi-directionnelle, c'est-à-dire une pompe avec une turbine pouvant être entraînée dans un sens de rotation ou dans le sens de rotation inverse, et avec deux voies de sortie tangentialles, telle que, lorsque la turbine est entraînée dans un sens de rotation, le fluide pompé est dirigé préférentiellement vers l'une des deux voies de sortie tangentialles, et que, lorsque la turbine est entraînée dans le sens de rotation inverse, le fluide pompé est dirigé préférentiellement vers l'autre des deux voies de sortie tangentialles, chacune de ces voies de sortie tangentialles étant pourvue d'un clapet anti-retour à membrane, sollicitée à sa périphérie, sur une couronne, par la pression de la pompe et, en son centre, par la pression dans une canalisation d'un circuit d'utilisation alimenté par la pompe ou vice-versa, les deux clapets à membrane coopérant avec deux sièges annulaires respectifs et ayant une interaction mécanique, telle que l'ouverture de l'un des clapets interdit l'ouverture de l'autre clapet.

Une telle pompe à deux sens de rotation est connue par le document FR-A-2612140. Elle permet de commander sélectivement l'alimentation de deux circuits distincts d'utilisation du même fluide. Ainsi, ce genre de pompe est monté notamment sur les véhicules automobiles, pour alimenter en liquide de lavage les gicleurs des dispositifs lave-vitre ou, éventuellement, des dispositifs de nettoyage des phares. Selon le sens de rotation de la turbine, entraînée à partir d'un petit moteur électrique à deux sens de rotation, le liquide de lavage en provenance d'un seul et même réservoir peut être propulsé sélectivement, par exemple, soit vers au moins un gicleur destiné au lavage du pare-brise d'un véhicule automobile, soit vers au moins un gicleur destiné au lavage de la vitre arrière du même véhicule.

Les clapets à membrane équipant ce genre de pompes permettent, lorsque la turbine est entraînée en rotation dans le sens correspondant à l'utilisation de l'une des deux voies de sortie, d'obturer l'autre voie de sortie qui alors ne doit pas être utilisée. En outre, lorsque la pompe se trouve au repos, ces clapets ont une fonction d'obturation des deux voies de sortie et d'anti-retour. En particulier, l'obturation des deux voies de sortie évite, sur les véhicules automobiles, la vidange non désirée du réservoir de liquide de lavage vers les gicleurs, sous l'effet de la dépression ou de la gravité (cas des gicleurs de nettoyage des phares, placés plus bas que le réservoir). Les clapets évitent aussi le passage de liquide résultant de sa dilatation, sous l'effet de la chaleur, dans la tuyauterie qui relie le réservoir à la pompe. Quant à la fonction anti-retour desdits clapets, celle-ci évite à l'inverse un retour vers le réservoir du liquide de lavage contenu dans les circuits d'alimentation des gicleurs, partant de la pompe. En conséquence, ces circuits sont maintenus remplis de liquide de lavage, ce qui améliore le temps de réponse lors de la mise en fonctionnement de la pompe.

Bien entendu, ces clapets fermés lorsque la pompe est au repos s'ouvriront l'un ou l'autre, lors de la remise en marche de la pompe, compte tenu de la pression de fonctionnement de la pompe.

Dans la réalisation révélée par le document FR-A-2612140 précité, les deux clapets à membranes possèdent la forme de pots et sont disposés coaxialement, le fond de la partie en pot d'un clapet étant tourné vers le fond de la partie en pot de l'autre clapet. Un ressort hélicoïdal est comprimé entre les fonds respectifs, se faisant face, des deux parties en forme de pot. Ces deux parties en forme de pot sont en outre guidées, par leurs parois extérieures cylindriques, dans un canal de forme correspondante. La face d'extrémité de la partie en forme de pot d'un clapet

est apte à s'appliquer contre la face d'extrémité de la partie en forme de pot de l'autre clapet.

Ce dispositif connu possède plusieurs inconvenients. Il est d'une certaine complexité, en raison du nombre de pièces mises en jeu : deux membranes, deux parties en forme de pot à assembler respectivement aux deux membranes, et un ressort. La disposition des deux clapets est nécessairement symétrique et coaxiale, alors que d'autres dispositions pourraient s'avérer intéressantes. En outre, la présence d'un ressort commun aux deux clapets a pour effet de soumettre ces clapets à la même précontrainte, alors que certaines applications nécessiteraient des précontraintes différencierées sur les deux membranes, permettant leur ouverture à des pressions différentes.

La présente invention vise à remédier à ces inconvenients, en fournissant une pompe centrifuge bidirectionnelle du genre considéré, qui en ce qui concerne les clapets anti-retour à membranes possède une structure simplifiée, autorisant des dispositions spatiales diverses et permettant de différencier les pressions d'ouverture des deux clapets.

A cet effet, dans la pompe centrifuge bidirectionnelle selon la présente invention, du genre indiqué en introduction, chaque clapet anti-retour est constitué par une membrane qui est précontrainte, indépendamment de l'autre membrane, dans le sens de son application sur le siège annulaire associé, et qui possède, réalisé d'un seul tenant avec cette membrane, un plot central faisant saillie sur sa face opposée au siège annulaire correspondant et intervenant pour l'interaction mécanique des deux clapets.

L'invention procure ainsi une certaine "indépendance" des deux membranes, notamment en ce qui concerne leurs précontraintes respectives, tout en assurant par des moyens simples leur interaction

mécanique, nécessaire pour maintenir un clapet fermé lorsque l'autre est ouvert.

Avantageusement, chaque membrane, en forme générale de disque, possède un bourrelet périphérique 5 immobilisé axialement, une zone intermédiaire tronconique et une partie centrale pourvue du plot précité.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les deux membranes sont disposées suivant un même axe, et en sens opposés, à l'intérieur d'une même cavité, leurs plots 10 centraux respectifs étant tournés l'un en direction de l'autre, les deux plots centraux restant espacés l'un de l'autre dans la position de repos de la pompe, mais l'un des plots centraux venant s'appliquer sur l'autre lors de l'ouverture de l'un des clapets. Ainsi, cette disposition 15 coaxiale des deux membranes permet leur interaction mécanique directe, donc particulièrement simple, par appui d'un plot central sur l'autre, la membrane sollicitée par la pression la plus élevée venant maintenir en position d'obturation la membrane sollicitée par une pression plus 20 faible.

L'immobilisation axiale des bourrelets périphériques respectifs des deux membranes coaxiales peut être commodément assurée au moyen d'une bague-entretoise, montée entre les deux membranes coaxialement à celles-ci. 25 De préférence, la bague-entretoise comporte au moins un trou traversant pour l'échappement, vers l'extérieur, de l'air se trouvant entre les deux membranes. En effet, pour le bon fonctionnement de l'ensemble, l'air se trouvant entre les deux membranes doit pouvoir être partiellement 30 évacué vers l'extérieur, au moment de l'ouverture de l'un des clapets, donc lorsque l'une des membranes se rapproche de l'autre.

Selon une autre possibilité, l'immobilisation axiale des bourrelets périphériques respectifs des deux 35 membranes coaxiales est assurée au moyen de portées annulaires prolongeant la périphérie de chaque membrane en

direction de l'autre membrane, les deux portées annulaires venant en contact l'une avec l'autre par leurs bords extrêmes. Dans un mode de réalisation particulier, chaque portée annulaire est pourvue de créneaux sur son bord 5 extrême, les créneaux des deux portées, appartenant respectivement aux deux membranes, étant situés en correspondance de manière à définir une série d'ouvertures pour l'échappement, vers l'extérieur, de l'air se trouvant entre les deux membranes. Cette dernière forme de 10 réalisation est particulièrement simple, puisqu'elle supprime la bague-entretoise, tout en assurant la mise en communication avec l'extérieur du volume situé entre les deux membranes, celles-ci étant simplement montées dos à dos.

15 Toutefois, un autre avantage appréciable de l'invention est d'autoriser une disposition non coaxiale des deux membranes, qui est intéressante pour certaines conceptions de pompes. Dans ce cas, l'interaction mécanique des deux membranes, qui ne peut plus être 20 directe, est assurée par au moins une pièce mécanique intermédiaire, coopérant avec les plots centraux respectifs des deux membranes. Les deux membranes peuvent ainsi être disposées sensiblement dans un même plan, avec leurs axes parallèles et confondus avec les axes 25 respectifs des deux voies de sortie tangentielles de la pompe, dans des cavités respectives. La pièce mécanique intermédiaire peut ici être conformée en levier ou en balancier, monté pivotant autour d'un point central et coopérant, par chacune de ses extrémités, avec les plots 30 centraux respectifs des deux membranes.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui suit, en référence au dessin schématique annexé représentant, à titre d'exemples non limitatifs, quelques formes d'exécution de cette pompe 35 centrifuge bi-directionnelle :

Figure 1 est une vue d'ensemble, en perspective, d'une pompe centrifuge bi-directionnelle conforme à la présente invention ;

Figure 2 est une vue en coupe de la pompe, suivant 5 II-II de figure 1 ;

Figure 3 est une vue en coupe similaire à figure 2, illustrant une variante de cette pompe ;

Figure 4 est une vue en coupe d'une autre forme de réalisation de la pompe selon l'invention.

10 Les figures 1 et 2 montrent une première forme de réalisation de pompe centrifuge bi-directionnelle, comprenant un corps de pompe 1 à l'intérieur duquel est logé un petit moteur électrique à deux sens de rotation. Un connecteur 2, prévu à une extrémité du corps de pompe 15 1, permet le raccordement des conducteurs qui assurent l'alimentation électrique du moteur, notamment à partir de la batterie d'un véhicule automobile.

L'arbre de sortie 3 du moteur électrique porte une turbine 4, montée tournante dans une chambre 5 de forme 20 générale cylindrique, délimitée par la partie du corps de pompe 1 la plus éloignée du connecteur 2. Une arrivée d'eau 6 axiale (par rapport à la turbine 4) est prévue pour l'entrée du fluide à pomper dans la chambre 5. Une partie 7, rapportée sur le corps de pompe 1, comporte deux 25 voies de sortie 8 et 9, qui partent tangentiellellement de la périphérie de la chambre 5 dans laquelle est montée la turbine 4. Les deux voies de sortie tangentiellelles 8 et 9, parallèles entre elles, aboutissent dans une même cavité 10 de forme générale cylindrique, ménagée dans la partie 30 rapportée 7 et ayant son axe 11 orthogonal à l'arbre 3 portant la turbine 4.

La partie rapportée 7 forme encore un premier embout tubulaire de sortie 12, recevant le départ d'un premier circuit d'utilisation du fluide pompé, et un 35 second embout tubulaire de sortie 13, recevant le départ d'un second circuit d'utilisation du fluide pompé. Le

premier embout de sortie 12 se prolonge, vers l'intérieur de la cavité 10, par un premier siège annulaire 14, centré sur l'axe 11. D'une façon symétrique, le second embout de sortie 13 se prolonge, vers l'intérieur de la cavité 10, 5 par un second siège annulaire 15, centré sur l'axe 11 et faisant face au premier siège annulaire 14.

A l'intérieur de la cavité 10, entre les deux sièges annulaires 14 et 15, sont montés deux clapets anti-retour, réalisés l'un et l'autre sous la forme de 10 membranes élastiquement déformables, respectivement 16 et 17.

Chaque membrane 16 ou 17, en forme générale de disque, possède un bourrelet périphérique 18, une zone intermédiaire tronconique 19 et un plot central 20, les 15 deux membranes 16 et 17 étant montées en sens opposés suivant l'axe 11 de telle sorte que leurs plots centraux 20 respectifs, faisant saillie sur les faces opposées aux sièges annulaires respectifs 14 et 15, soient tournés l'un en direction de l'autre.

20 Une bague-entretoise 21, montée entre les deux membranes 16 et 17, assure l'immobilisation axiale des bourrelets périphériques 18 des deux membranes 16 et 17, entre elle-même et des zones correspondantes de la partie rapportée 7. Pour des raisons de montage, cette partie 25 rapportée 7 est réalisée en deux pièces, et la bague-entretoise 21 possède un profil dissymétrique, comme le montre la figure 2.

La bague-entretoise 21 possède encore une gorge annulaire périphérique 22, et une série de trous 30 traversants 23 ménagés dans le fond de la gorge 22.

Dans la position de repos de la pompe, les deux membranes 16 et 17 sont appliquées, par leurs zones centrales, sur les sièges annulaires respectifs 14 et 15, les plots centraux 20 respectifs des deux membranes 16 et 35 17 restant espacés l'un de l'autre. La forme des deux membranes 16 et 17, et leur élasticité propre,

maintiennent leur application sur les sièges 14 et 15, avec une légère précontrainte, dans cette position de repos de la pompe.

Lorsque le moteur électrique de la pompe entraîne 5 la turbine 4 dans un premier sens de rotation F1, le fluide admis par l'arrivée 6 est dirigé préférentiellement vers la première voie de sortie tangentielle 8. Compte tenu de l'augmentation de la pression s'exerçant alors dans la cavité 10 sur la zone tronconique 19 de la 10 première membrane 16, celle-ci se déforme en s'éloignant du premier siège annulaire 14, comme montré sur la figure 2. Le fluide propulsé par la turbine 4 peut ainsi s'écouler par le premier embout de sortie 12, pour alimenter le circuit d'utilisation associé.

La déformation de la première membrane 16 déplace axialement son plot central 20 qui s'applique alors contre le plot central 20 de la seconde membrane 17, laquelle est ainsi maintenue en position d'obturation étanche contre le second siège annulaire 15, et interdit toute sortie de 20 fluide par le second embout 13.

Lors de la déformation de la première membrane 16, l'air qui se trouve entre les deux membranes 16 et 17 s'échappe vers l'extérieur, au travers des trous 23 de la bague-entretoise 21, de la gorge 22 de cette bague- 25 entretoise 21, et d'un orifice 24 (voir figure 1) ménagé dans la partie 7.

Lorsque le moteur électrique de la pompe entraîne la turbine 4 dans le second sens de rotation F2, opposé au précédent F1, le fluide admis par l'arrivée 6 est dirigé 30 préférentiellement vers la seconde voie de sortie tangentielle 9. C'est alors la seconde membrane 17 qui est déformée en direction de la première membrane 16, les plots centraux 20 respectifs des deux membranes 16 et 17 se rapprochant toujours l'un de l'autre, mais le 35 fonctionnement étant inversé par rapport à la description précédente : la seconde membrane 17 libère le passage du

fluide vers le second embout de sortie 13, pour alimenter le circuit d'utilisation associé, tandis que la première membrane 16 interdit toute sortie de fluide par le premier embout 12.

5 La figure 3 illustre une variante de la pompe précédemment décrite. Dans cette variante, la bague-entretoise est supprimée entre les deux membranes 16 et 17.

10 Chaque membrane 16 ou 17 est ici prolongée à sa périphérie, en direction de l'autre membrane, par une portée annulaire 25 pourvue de créneaux sur son bord extrême. Les créneaux des deux portées 25 sont situés en vis-à-vis, de manière à définir des zones de contact de ces portées et, entre les zones de contact, une série 15 d'ouvertures 23. Grâce à d'autres orifices 24, ménagés en correspondance avec les ouvertures 23 dans la partie 7, on réalise la communication entre le volume situé entre les deux membranes 16 et 17, et l'extérieur. Comme on le conçoit aisément, le fonctionnement hydraulique de cette 20 variante reste identique à celui de la première forme de réalisation, décrit ci-dessus de façon détaillée. La figure 3 montre la position occupée par les deux membranes 16 et 17 lorsque la pompe est au repos, les plots centraux 25 respectifs de ces deux membranes étant alors espacés 25 l'un de l'autre.

La figure 4 montre une autre forme de réalisation, dans laquelle les deux membranes 16 et 17 ne sont plus disposées coaxialement, en vis-à-vis, dans une même chambre. Les deux membranes 16 et 17 sont ici disposées 30 sensiblement dans un même plan, avec leurs axes parallèles, dans deux cavités respectives 26 et 27. Ces deux membranes 16 et 17 coopèrent avec deux sièges annulaires respectifs 14 et 15, situés aux extrémités aval des deux voies de sortie tangentialles 8 et 9, dont les 35 axes respectifs sont confondus avec ceux des membranes 16 et 17. Ainsi, la pression du fluide propulsé par la

turbine 4 agit ici sur la partie centrale de la membrane 16 ou 17, selon le sens de rotation de cette turbine 4, et l'évacuation du fluide s'effectue vers la périphérie de chaque membrane, ce qui permet d'obtenir une plus forte  
5 pression d'ouverture.

Comme précédemment, chaque membrane 16 ou 17 comporte ici un plot central 20, mais en raison de la disposition des membranes, les deux plots centraux 20 ne se font pas face. Une pièce mécanique intermédiaire 28, en  
10 forme de levier ou de balancier, est montée pivotante autour d'un point central 29 et comporte, à chaque extrémité, un bossage 30 ou 31 coopérant avec le plot central 20 d'une membrane 16 ou 17. Ainsi, le déplacement d'une membrane 16 ou 17, vers sa position d'ouverture  
15 interdit par l'intermédiaire de la pièce 28 l'ouverture du clapet constitué par l'autre membrane.

La pompe centrifuge bi-directionnelle, dont la structure et le fonctionnement ont été précédemment décrits dans le cadre de plusieurs exemples, est  
20 applicable plus particulièrement à l'alimentation sélective en liquide de lavage des gicleurs des dispositifs lave-vitre équipant des véhicules automobiles. Par exemple, le premier circuit d'utilisation, partant de l'embout de sortie 12 associé à la voie de sortie 8,  
25 aboutit à au moins un gicleur destiné au lavage du pare-brise, et le second circuit d'utilisation, partant de l'embout de sortie 13 associé à la voie de sortie 9, aboutit à au moins un gicleur destiné au lavage de la vitre arrière.

30 Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seules formes d'exécution de cette pompe centrifuge bi-directionnelle qui ont été décrites ci-dessus, à titre d'exemples ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes de réalisation et d'application respectant le  
35 même principe. C'est ainsi, notamment, que l'on ne s'éloignerait pas du cadre de l'invention en modifiant les

moyens d'interaction mécanique des deux membranes, ou en faisant agir la pression sur des sections différentes de ces deux membranes, de façon à jouer sur les pressions relatives d'ouverture des clapets.

REVENDICATIONS

1. Pompe centrifuge bi-directionnelle, avec une turbine (4) pouvant être entraînée dans un sens de rotation (F1) ou dans le sens de rotation inverse (F2), et 5 avec deux voies de sortie tangentialles (8,9), telle que, lorsque la turbine (4) est entraînée dans un sens de rotation (F1), le fluide pompé est dirigé préférentiellement vers l'une (8) des deux voies de sortie tangentialles, et que, lorsque la turbine (4) est 10 entraînée dans le sens de rotation inverse (F2), le fluide pompé est dirigé préférentiellement vers l'autre (9) des deux voies de sortie tangentialles, chacune de ces voies de sortie tangentialles (8,9) étant pourvue d'un clapet anti-retour à membrane (16,17), sollicitée à sa 15 périphérie, sur une couronne, par la pression de la pompe et, en son centre, par la pression dans une canalisation (12,13) d'un circuit d'utilisation alimenté par la pompe, ou vice-versa, les deux clapets à membrane (16,17) coopérant avec deux sièges annulaires respectifs (14,15) 20 et ayant une interaction mécanique, telle que l'ouverture de l'un des clapets interdit l'ouverture de l'autre clapet, caractérisée en ce que chaque clapet anti-retour est constitué par une membrane (16,17) qui est précontrainte, indépendamment de l'autre membrane, dans le 25 sens de son application sur le siège annulaire (14,15) associé, et qui possède, réalisé d'un seul tenant avec cette membrane, un plot central (20) faisant saillie sur sa face opposée au siège annulaire (14,15) correspondant et intervenant pour l'interaction mécanique des deux 30 clapets.
2. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque membrane (16,17), en forme générale de disque, possède un bourrelet périphérique (18) immobilisé axialement, une zone 35 intermédiaire tronconique (19) et une partie centrale pourvue du plot (20) précité.

3. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les deux membranes (16,17) sont disposées suivant un même axe (11), et en sens opposés, à l'intérieur d'une même cavité (10),  
5 leurs plots centraux (20) respectifs étant tournés l'un en direction de l'autre, les deux plots centraux (20) restant espacés l'un de l'autre dans la position de repos de la pompe, mais l'un des plots centraux (20) venant s'appliquer sur l'autre lors de l'ouverture de l'un des  
10 clapets.

4. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon l'ensemble des revendications 2 et 3, caractérisée en ce que l'immobilisation axiale des bourrelets périphériques respectifs (18) des deux membranes coaxiales (16,17) est assurée au moyen d'une bague-entretoise (21), montée entre les deux membranes (16,17) coaxialement à celles-ci.  
15

5. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 4, caractérisée en ce que la bague-entretoise (21) comporte au moins un trou traversant (23)  
20 pour l'échappement, vers l'extérieur, de l'air se trouvant entre les deux membranes (16,17).

6. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon l'ensemble des revendications 2 et 3, caractérisée en ce que l'immobilisation axiale des bourrelets périphériques respectifs (18) des deux membranes coaxiales (16,17) est assurée au moyen de portées annulaires (25) prolongeant la périphérie de chaque membrane en direction de l'autre membrane, les deux portées annulaires (25) venant en contact l'une avec l'autre par leurs bords extrêmes.  
25

30 7. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 6, caractérisée en ce que chaque portée annulaire (25) est pourvue de créneaux sur son bord extrême, les créneaux des deux portées (25), appartenant respectivement aux deux membranes (16,17), étant situés en  
35 correspondance de manière à définir une série d'ouvertures

(23) pour l'échappement, vers l'extérieur, de l'air se trouvant entre les deux membranes (16,17).

8. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les deux membranes (16,17) possèdent une disposition non coaxiale, l'interaction mécanique des deux membranes (16,17) étant assurée par au moins une pièce mécanique intermédiaire (28), coopérant avec les plots centraux (20) respectifs des deux membranes (16,17).

10 9. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon la revendication 8, caractérisée en ce que les deux membranes (16,17) sont disposées sensiblement dans un même plan, avec leurs axes parallèles, et confondus avec les axes respectifs des deux voies de sortie tangentielles (8,9) de 15 la pompe, dans des cavités respectives (26,27), et en ce que la pièce mécanique intermédiaire (28), en forme de levier ou de balancier, est montée pivotante autour d'un point central (29) et coopère par chacune de ses extrémités (30,31) avec les plots centraux (20) respectifs 20 des deux membranes (16,17).

10. Pompe centrifuge bi-directionnelle selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle est appliquée à l'alimentation sélective en liquide de lavage de gicleurs de dispositifs lave-vitre 25 équipant des véhicules automobiles, le premier circuit d'utilisation associé à une voie de sortie (8) de la pompe aboutissant à au moins un gicleur destiné au lavage du pare-brise, et le second circuit d'utilisation associé à l'autre voie de sortie (9) de la pompe aboutissant à au 30 moins un gicleur destiné au lavage de la vitre arrière.

1/2

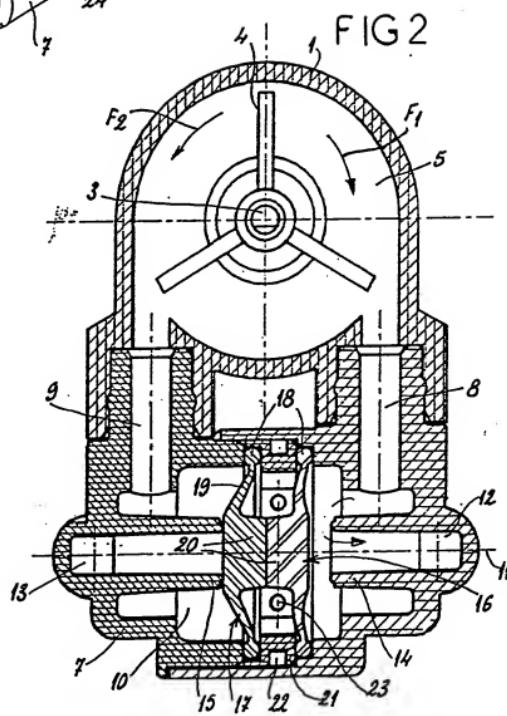
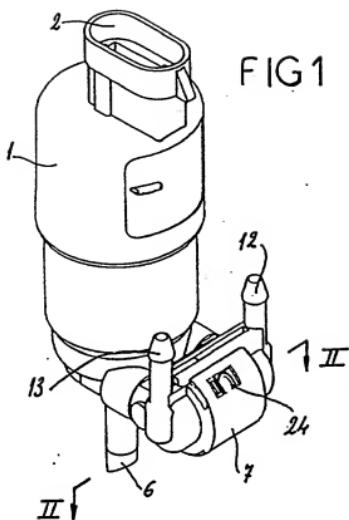


FIG 3

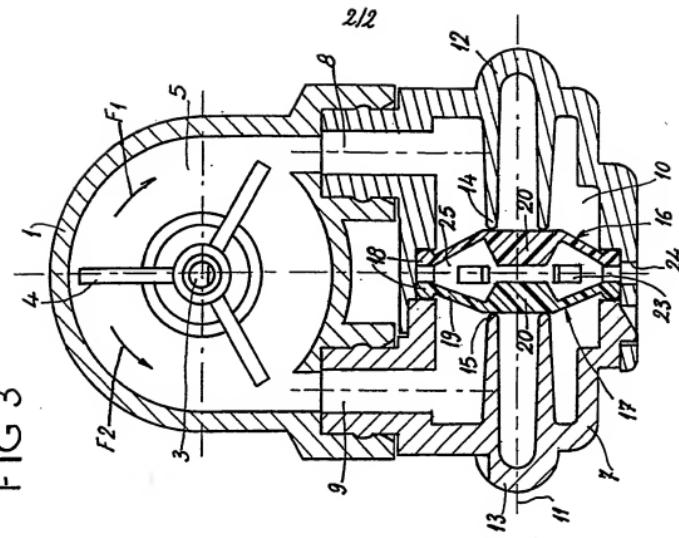
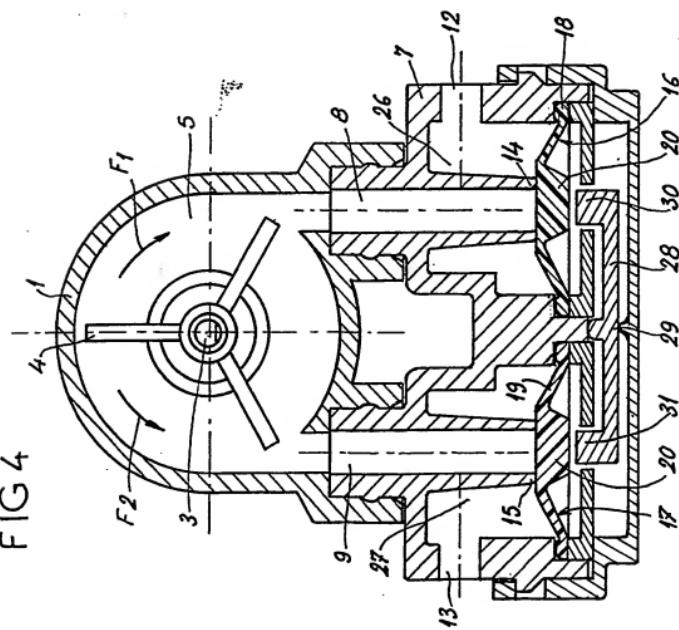


FIG 4



Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée	DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS	
X	EP-A-0 515 618 (TRANSPAR IBERICA) * le document en entier *----	1-7, 10		
A	EP-A-0 411 431 (NIPPONDENSO) * colonne 1, ligne 6 - ligne 10 * * colonne 4, ligne 9 - colonne 7, ligne 10; figures 1-7 *----	1,8-10		
A	DE-U-86 20 253 (MES)	----		
A	FR-A-1 142 593 (POMPES GUINARD)	----		
D, A	FR-A-2 612 140 (BOSCH)	----		
				DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.)
				F04D B60S
1			Date d'achèvement de la recherche 19 Novembre 1993	Examinateur ZIDI, K
EPO FORM 1000/03A (POINC3)	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non écrite P : document intercalaire				

## DEVICE FOR PREVENTING OVER-LOAD OF PUMP DEVICE

Publication number: JP5010270

Publication date: 1993-01-19

Inventor: MIYAMOTO EIJI; KOJIMA YOSHINORI; YAKABE

TADASHI

Applicant: EBARA CORP

Classification:

- International: F04B49/06; F04B49/10; F04D15/00; H02P5/00;  
H02P29/00; F04B49/06; F04B49/10; F04D15/00;  
H02P5/00; H02P29/00; (IPC1-7): F04B49/06;  
F04B49/10; F04D15/00; H02P5/00

- European:

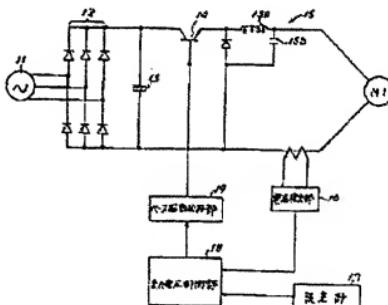
Application number: JP19910190750 19910704

Priority number(s): JP19910190750 19910704

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP5010270

PURPOSE: To provide a device for preventing over-load of pump which can maintain the operation of a pump at the rotating speed within a range, where over-load is not generated, without stopping the pump (motor) even under the over-load condition of the pump. CONSTITUTION: In a pump device provided with a pump and a direct current motor M1 for driving the pump, a current detecting unit 16 for detecting the motor driving current and a setting unit 17 for setting the upper limit value of the motor driving current are provided. Furthermore, an output voltage control unit 18 for comparing the detected current from the current detecting unit 16 and a set current value of the setting unit 17, and in the case that the detected current value exceeds the set current value, for lowering the voltage to be supplied to the direct current motor to lower the rotating number of the direct current motor M1 and set the motor driving current at the upper limit value or less is provided.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-10270

(43)公開日 平成5年(1993)1月19日

(5)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 04 B 49/06	3 2 1 A	9131-3H		
49/10	3 1 1	9131-3H		
F 04 D 15/00	A	8914-3H		
// H 02 P 5/00	U	7315-5H		

審査請求 未請求 請求項の数2(全6頁)

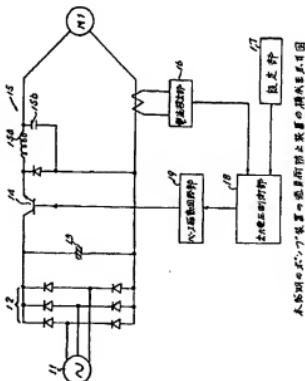
(21)出願番号	特願平3-190750	(71)出願人	000000239 株式会社荏原製作所 東京都大田区羽田旭町11番1号
(22)出願日	平成3年(1991)7月4日	(72)発明者	宮本 荘治 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内
		(72)発明者	小島 善哉 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内
		(72)発明者	矢ヶ部 正 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内
		(74)代理人	弁理士 鹿谷 隆 (外1名)

## (54)【発明の名称】ポンプ装置の過負荷防止装置

## (57)【要約】

【目的】ポンプが過負荷状態になってポンプ(モータ)を停止することなく、過負荷とならない範囲の回転速度で運転継続することができるポンプ過負荷防止装置を提供すること。

【構成】ポンプと該ポンプを駆動する直流モータM1を具備するポンプ装置において、モータ駆動電流を検出する電流検出部16と、モータ駆動電流の上限値を設定する設定部17とを設けると共に、電流検出部16からの検出電流と設定部17で設定した設定電流値を比較し、検出電流値が設定電流値以上となった場合前記直流モータに供給する電圧を降下させて該直流モータM1の回転数を降下させ、モータ駆動電流を上限値以下にする出力電圧制御部18を設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ポンプと該ポンプを駆動する直流モータを具備するポンプ装置において、モータ駆動電流を検出する電流検出部と、該モータ駆動電流の上限値を設定する設定部とを設けると共に、

前記電流検出部からの検出電流と前記設定部で設定した設定電流値を比較し、

検出電流値が設定電流値以上となった場合前記直流モータに供給する電圧を降下させて該直流モータの回転数を降下させ、モータ駆動電流を前記上限値以下にする出力電圧制御部を設けたことを特徴とするポンプ装置の過負荷防止装置。

【請求項2】前記検出電流値が設定電流値以上となつた場合、外部に警報を出力する警報手段を設けたことを特徴とする請求項1記載のポンプ装置の過負荷防止装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はポンプを駆動するモータに直流モータを使用するポンプ装置の過負荷防止装置に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】ポンプを直流モータで駆動する場合、その直流モータにはブラシ付直流モータとブラシレス直流モータがある。図4はブラシ付直流モータの駆動回路の構成を示す図であり、図5はブラシレス直流モータの駆動回路の構成を示す図である。

【0003】ブラシ付直流モータの駆動回路は、図3に示すように、交流電源101からの交流を全波整流回路102及び半波用コンデンサ103等を介して直流向に変換し、ブラシ付直流モータM1に供給している。

【0004】ブラシレス直流モータの駆動回路は、図5に示すように、交流電源101からの交流を全波整流回路102及び半波用コンデンサ103等を介して直流向に変換し、該直流向パワートランジスタ等のスイッチング素子群104を介して、ブラシレス直流モータM2に供給している。スイッチング素子群104の制御はホール素子等からなる位相検出部105で検出された位相検出信号を位相検出信号処理部106で処理し、ベース駆動回路部107を介してスイッチング素子群104に供給して行っている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来、直流モータで駆動するポンプの過負荷を防止する方法としては、モータの駆動電流を検出し、該駆動電流がモータ定格電流以上となった場合、ポンプが過負荷状態にあるとして、モータを停止する方法がとられていた。しかしながら、このように過負荷状態になった場合、直ちにポンプを停止する方法は種々の点で不具合となる場合がある。

【0006】本発明は上述の点に鑑みてなされたもの

で、ポンプが過負荷状態になつてもポンプ（モータ）を停止することなく、過負荷とならない範囲の回転数で運転することができるポンプ過負荷防止装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明は、ポンプと該ポンプを駆動する直流モータを具備するポンプ装置において、モータ駆動電流を検出する電流検出部と、該モータ駆動電流の上限値を設定する設定部とを設けると共に、電流検出部からの検出電流と設定部で設定した設定電流値を比較し、検出電流値が設定電流値以上となつた場合前記直流モータに供給する電圧を降下させ、モータ駆動電流を上限値以下にする出力電圧制御部を設けたことを特徴とする。

【0008】また、検出電流値が設定電流値以上となつた場合、外部に警報を出力する警報手段を設けたことを特徴とする。

## 【0009】

【作用】上記のように検出電流値が設定電流値以上となつた場合、直流モータに供給する電圧を降下させて該直流モータの回転数が降下し、ポンプの負荷が軽減されるから、ポンプを停止することなく運転を継続することができる。

## 【0010】

【実施例】以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は本発明のポンプ装置の過負荷防止装置の構成を示す図である。図示するように、交流電源11からの交流を全波整流回路12及び半波用コンデンサ13等を介して直流向に変換し、該直流向をパワートランジスタ14でオンオフしてパルスとし、該パルスをコイル15a及びコンデンサ15bから成る平滑回路15により再び直流向に変換し、パルスのデューティ比（パワートランジスタ14のオン時間とオフ時間の比）に比例した電圧をブラシ付の直流モータM1に供給する。これにより直流モータM1は供給電圧に応じた回転数で回転し、図示しないポンプを駆動する。

【0011】直流モータM1に供給される電流は電流検出部16で検出され、該電流検出部16の出力は出力電圧制御回路18に供給される。また、該出力電圧制御回路18では設定部17の出力が入力されている。該設定部17はポンプが許容負荷の上限に相当するモータ電流（基準モータ電流）が設定されており、出力電圧制御回路18ではこの基準モータ電流と電流検出部16で検出されたモータ電流と比較し、モータ電流が基準モータ電流以下になるように、パワートランジスタ14をオンオフするパルス信号をベース駆動回路19に出力する。ベース駆動回路はこのパルス信号を受けて、パワートランジスタ14をオンオフし、そのデューティ比に比例した電圧値を直流向モータM1にする。これにより直流向モータ

M1に供給されるモータ電流は降下した規準電流を越えない。即ち、ポンプ負荷が許容負荷を超えることがない。言い替えるとモータ電流が基準モータ電流を越えた場合、直流モータM1に供給する電圧を降下させてその回転数を降下させてポンプ負荷が許容負荷を超えないように制御する。

【0012】図2はポンプ流量Qに対する、ポンプ(直流モータM1)の駆動力Iとポンプの全揚程H、直流モータの電流I<sub>1</sub>の関係を示す図である。図示するようにポンプの駆動力I、配管抵抗、直流モータM1の電流I<sub>1</sub>はポンプ流量と共に上昇する。

【0013】ポンプに仕様外の大きい比重や高い粘度の液体が流入した場合、ポンプ負荷が増大し、モータ電流I<sub>1</sub>も増加する。この時モータ電流I<sub>1</sub>が設定部17が設定する基準モータ電流以上となると、出力電圧制御装置18はベース駆動回路部19を介してパワートランジスタ14をオンオフのデューティ比を制御し、直流モータM1に供給する電圧を降下させる。これによりモータ電流I<sub>1</sub>は降下し、モータ回転数(ポンプ回転数)が下がり、ポンプ駆動力I<sub>1</sub>が低下する。こうして直流モータM1が基準電流以下になると、出力電圧を下げ、ポンプ負荷を軽減してポンプを運転を継続する。これによりポンプが過負荷になることなく定格負荷内で運転を継続されることが可能になる。

【0014】図3は本発明のポンプ装置の他の過負荷防止装置の構成を示す図である。図3において、図1と同一符号を付した部分は同一又は相当部分を示す。本過負荷防止装置ではブラシレス直流モータM2の過負荷を防止するものである。全波整流回路12からの直流はインバータ回路2を介してパルスに変換され、ブラシレス直流モータM2に供給される。ブラシレス直流モータM2の回転子の回転位置はホールセンサ等を具備する位置検出部20により検出され、その検出信号は位置検出信号処理部21で処理され出力電圧制御部18に入力される。

【0015】出力電圧制御部18は位置検出信号処理部21からの信号により、ベース駆動回路部19を介してインバータ回路2を構成するパワートランジスタ22a、22b、22c、22d、22e、22fのベースにオンオフ信号を出す。これにより各パワートランジスタ22a、22b、22c、22d、22e、22fは所定のタイミングでオンオフし、ブラシレス直流モータM2にパルス状の駆動電流を供給する。

【0016】ブラシレス直流モータM2の回転速度は各パワートランジスタ22a、22b、22c、22d、22e、22fのオン時間とオフ時間の比(即ちデューティ比)を変え固定子コイルに印加される平均電圧値を変えると変化する特性を持っている。即ち、デューティ比を大にすれば回転速度は速く小さければ遅い特性を有している。

【0017】従って、設定部17に前記基準電流を設定し出力電圧制御部18に出力する。一方、モータ電流は電流検出部16で検出し、その検出山出力が出力電圧制御部18に出力する。該出力電圧制御部は検出されたモータ電流と前記基準電流とを比較し、モータ電流が基準値を越えた場合(ポンプ負荷が許容値を越えて増加した場合)、ポンプ負荷を許容値以下になるようにモータ回転速度を制御する。デューティ比を小さくするよう制御信号をベース駆動回路部19に出力し、該ベース駆動回路部19はこの制御信号を受けてインバータ回路2のパワートランジスタ22a、22b、22c、22d、22e、22fをオンオフする。これによりモータ回転速度はポンプが許容負荷以下になるように制御される。

【0018】以上のよう上記実施例によれば、出力電圧制御部18はモータ電流を監視し、モータ電流が設定部17に設定された基準電流(許容電流)以下になるように、ベース駆動回路部19を介してパワートランジスタ14又はパワートランジスタ22a、22b、22c、22d、22e、22fのオンオフ時間を制御するので、ポンプ負荷を許容値に維持することが可能となる。従って、ポンプが過負荷になつても回転数を下げ定格負荷以下にして運転を継続させることができとなる。

#### 【0019】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、検出電流値が設定電流値以上となった場合、直流モータに供給する電圧を降下させて該直流モータの回転数を降下させ、ポンプの負荷は軽減されるから、ポンプが過負荷になることなく運転を継続できるという優れた効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のポンプ装置の過負荷防止装置の構成を示す図である。

【図2】ポンプ流量Qに対する、ポンプ(直流モータ)の駆動力Iとポンプの全揚程H、直流モータの電流I<sub>1</sub>の関係を示す図である。

【図3】本発明のポンプ装置の他の過負荷防止装置の構成を示す図である。

【図4】ブラシ付直流モータ駆動回路の構成を示す図である。

【図5】ブラシレス直流モータ駆動回路の構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

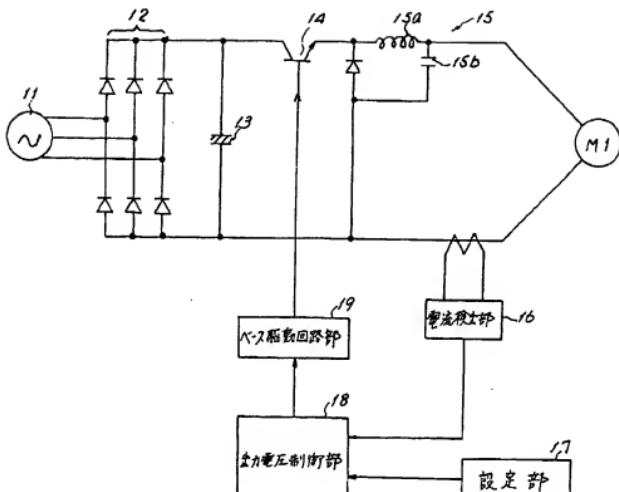
1 1	交流電源
1 2	全波整流回路
1 3	コンデンサ
1 4	パワートランジスタ
1 5	平滑回路
1 6	電流検出部
1 7	設定部
出力電圧制御部	

5

19 ベース駆動回路部

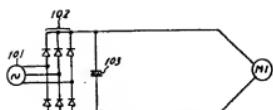
6

【図1】



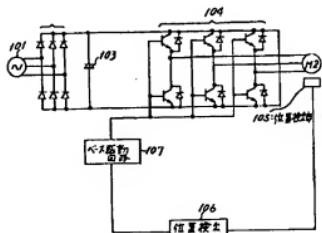
本発明のポンプ装置の過負荷防止装置の構成を示す図

【図4】



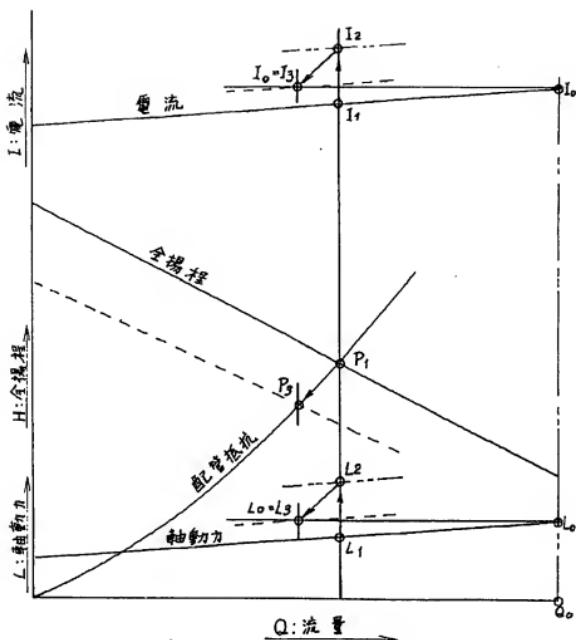
アシベ直通モード駆動回路構成

【図5】

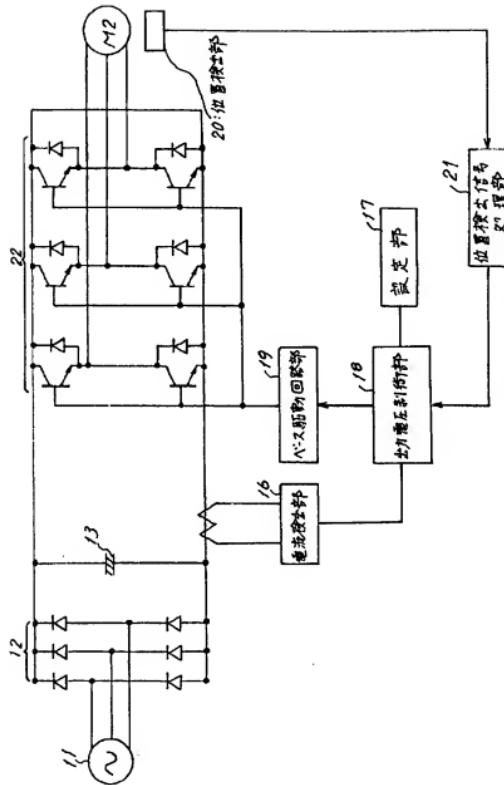


アシベレス直通モード駆動回路構成

[図2]



[図3]



## (12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
28 June 2001 (28.06.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 01/47099 A1**

(51) International Patent Classification: H02P 7/00 (74) Agent: DANFOSS A/S; Patent Department, DK-6430 Nordborg (DK).

(21) International Application Number: PCT/DK00/00707

(22) International Filing Date:  
18 December 2000 (18.12.2000)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
PA 1999 01827 20 December 1999 (20.12.1999) DK

(71) Applicant (for all designated States except US): DANFOSS DRIVES A/S [DK/DK]; Ulsnæs 1, DK-6300 Græsten (DK).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): OLESEN, Klaus [DK/DK]; Vissingsgade 35, DK-6400 Sønderborg (DK). TØNNES, Michael [DK/DK]; Stensløkke 14, DK-6400 Sønderborg (DK). KROGH, Egon [DK/DK]; Egenvej 16, DK-6400 Sønderborg (DK).

(81) Designated States (national): AM, AT, AU, BA, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK, MX, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SI, SK, TR, UA, US, UZ, VN, YU, ZA.

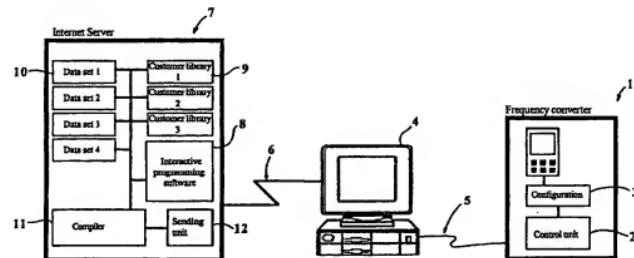
(84) Designated States (regional): Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

## Published:

- With international search report.
- Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments.

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PROGRAMMING A MOTOR CONTROLLER



(57) Abstract: The invention relates to the programming of a motor controller by means of a configuration file which is sent to the motor controller. The configuration file is typically sent from a PC, but with this invention it is now possible to generate and to download the file directly to the motor controller from an Internet server. The Internet server is provided by the manufacturer of the motor controller and contains an interactive programming software, a motor controller database, a compiler and a transmitter unit. The invention makes up-dating and maintenance of the motor controller software quicker and easier as known so far.

**WO 01/47099 A1**

Method and System for Programming a Motor Controller

5 The invention concerns a method and a system for programming a motor controller.

Motor controllers are used for speed control of electromotors and contain a considerable amount of programmable control electronics. Motor controllers  
10 are available in different types, as for example frequency converters, servo-drives and DC-drives. Programming can take place either directly from the control panel on the motor controller or from a PC which is connected to the motor controller via a serial connection or via a local network. In the following, "programming" means configuration of the motor controller before the final  
15 start-up. Typically about 300 parameters can be set, and the PC with its graphical user interface has turned out to be a viable alternative to the often lengthy programming when using the control panel.

Today's manufacturers of motor controllers develop and offer programming  
20 software which can be installed on the PC, on which a configuration file is generated. Via the programming software the operator tailors the motor controller to its tasks and the software generates a configuration file which is sent - downloaded - to the motor controller.

25 The programming software can be used at start-up of a single motor controller but has its strong point when programming a whole series of motor controllers. Often the configuration file can be used again.

One problem with the programming software is that it gradually gets out of date. When new motor controller types are delivered, the obsolete  
30 programming software will not at all or only insufficiently be able to generate a

- 2 -

configuration file which exploits all new possibilities. The operator will typically have to update the programming software which is placed on his own PC or on the network, however, a certain uncertainty will prevail whether it is the newest version or not. Add to this the practical administration as well as time

5 consumption in keeping the programming software up-to-date.

A solution to this problem has been made by the motor controller manufacturer Lenze from Germany, who delivers a drive having a programming software that can be updated from the Internet. From the home page of this

10 manufacturer it is thus possible to select a data file for precisely the motor controller which is to be programmed and, thereafter, to download the data file to the PC. When executing the file containing data the programming software is updated in the area which concerns the actual motor controller, and it is now possible by means of the programming software to generate an updated  
15 configuration file. The disadvantage with this solution is, that the remaining parts of the programming software remain non-updated. Furthermore, in worst case the updating only takes place on the operator's own PC, so that the fellow colleagues have to go through the same procedure, which is time-consuming and creates uncertainty when it comes to administration of  
20 software versions.

As for motor controllers which are connected to a communication network, however, it would in some cases be advantageous if the PC as a programming tool could be totally omitted. This would accelerate the installation of a larger  
25 number of drives.

The task to be solved with this invention is to reduce the resource- and time-consumption spent by the motor controller customer when updating the programming software, and to remove the customer's uncertainty as to  
30 whether the programming software and the basic motor controller data are present in their latest version.

Another task is to make configuration of motor controllers possible in a way, that the operator can omit the use of a PC.

- 5    These tasks are fulfilled with a method as described in claim 1 where the operator, typically the customer, via a user interface interactively generates a configuration file on an Internet server which is provided by the motor controller supplier. The operator then downloads the configuration file to the motor controller. The Internet server contains the following program units
- 10    which directly or indirectly are being activated by the operator:
  - A) interactive programming software enabling the selection of configuration parameters
  - B) a database containing motor controller data
  - 15    C) a compiler for generating the configuration file from selected configuration parameters and related motor controller data
  - D) a transmitter unit for transferring the configuration file via the Internet.

The advantage of this solution is that the software and the motor controller data are concentrated in one place, namely on the Internet server of the motor controller supplier. The customer has got an unambiguous working platform. To the customer this means that he only has to bear in mind one web-address, and that the task for updating of the programming software as well as uncertainty about the validity of data has been removed. The customer need no longer use resources on updating as this task has now been moved to the drives supplier.

To the supplier of motor controllers this solution means, that the task of updating the software and maintaining the data is now advantageously concentrated in one place.

- 4 -

In locating all programming units for the configuration on the Internet server, the PC is being relieved compared with the traditional solution where the programming software is placed on the hard disk. With the solution according to the invention the installation of a special programming software is no longer required; instead a standard web-browser as mentioned in claim 2 can be used.

Instead of using a special communication software between the motor controller and the PC in order to transmit the configuration file from the PC, the web-browser can advantageously be used to transmit the configuration file to the motor controller as described in claim 3

The configuration file is generated directly on the Internet server. Via the interactive programming software which was previously located on the local PC but now has been moved to the server, the operator sets the parameters that are to be used in the motor controller. The setup made is based on a number of databases containing the latest data for the individual motor controllers. After the setup is finished, a compiler generates the configuration file in a machine language which can be interpreted directly by the motor controller. When the configuration file is generated directly on the server and then stored in a special customers' library it is ensured that also other operators at the customer's have direct access to the file.

Furthermore, directly generating the configuration file on the server means that it is now possible to configure the motor controller directly from the panel of the motor controller via the Internet server provided that the motor controller is connected to the Internet. This is the essence of claim 4

Claim 5 describes the first contact between the motor controller and the server where the motor controller transmits an identification code which states the type of user interface on the motor controller and/or the type of motor controller.

The programming software will then adjust itself according to the identification code, and this is especially advantageous in cases where only small or no graphical displays at all are mounted on the motor controller.

5

In order not to increase the cost of manufacturing by including communication electronics into the motor controller, the communication electronics as described in claim 6 can advantageously be placed externally in a communication interface which on one side is connected to the motor

10 controller and on the other side to a PC or the Internet server.

Instead of using a specially manufactured communication interface from the motor controller supplier a portable graphical user interface as for example a mobile telephone can be used. This is the essence of claim 7

15

Claims 8, 9, 10 and 11 describe a system using the invention.

The invention is illustrated in Figure 1 which shows a first embodiment of the invention, and in Figure 2 which shows a second embodiment. Figure 3 gives 20 an example of a screen view from the programming software.

In the following the invention will be described in detail.

Figure 1 shows a motor controller in the form of a frequency converter 1 which 25 contains a control unit 2 and a configuration unit 3. The configuration takes place from a portable computer or a stationary PC 4 via a serial connection 5. The PC has an Internet connection 6 which via the TCP/IP protocol makes the connection to an Internet server 7. The preferred server is a Microsoft® Internet server. The PC is provided with a standard web-browser as for 30 example Microsoft's Internet Explorer®. From the factory the frequency converter is delivered with the standard configuration loaded into the

configuration unit 3, which is accessed by the control unit that has an ASIC or a microcontroller as central part. The configuration unit 3 consists of a memory (EEPROM), and by downloading a new configuration file into the memory, the frequency converter can be programmed to other tasks. Thus, the customer

5 will be able to differentiate originally identical frequency converters to different tasks such as pump, blower or hoist/lower-applications merely by changing the configuration file.

The configuration file which is downloaded from the Internet server can as

10 shown be sent to the frequency converter via a serial connection. However, it will also be possible to send the file via an Internet connection or via a local area network. It will be quite advantageous for the operator if the configuration file can be sent directly from the standard browser to the frequency converter, for example by activating the 'print'-function of the browser. Specially

15 developed transmitting software made by the supplier is, therefore, not required.

The Internet server 7, which is addressed by means of an IP address, contains an interactive programming software 8. "Interactive" means that the choice of

20 the operator is influencing upon the behaviour of the program as well as the contents of the finally generated configuration file. The invention herein differs from prior art in that the configuration files ("drivers") on the Internet normally are found in a rigid, finished and non-programmable form. An example of a screen view from the interactive programming software is shown in Figure 3.

25 Interactive programming software like this can be made by using Microsoft's software tool "Frontpage<sup>™</sup>" for producing HTML-pages. Here e.g. socalled WebBot-components can be used in order to add preprogrammed functionality to the web page. Figure 3 shows a screen picture of a configuration sequence which has already started. After having started up the program the operator

30 has given in the serial number of the frequency converter which unambiguously identifies the converter on the server 7 of the supplier, and

- 7 -

makes the interactive programming software pick up the latest frequency converter data from databases on the server.

On the screen picture the operator has in table 16 selected position 17 so that

5 a reference signal Fref will be added to an already stored speed, which is selected based on a binary combination of ON-OFF signals on the input terminals A-C. Also, there has to be a start-signal on input terminal D.

In table 19 the operator has selected position 18 which effects that the

10 frequency converter transmits a PWM signal to a status output where for example an indicating instrument is connected.

On this single screen picture there are 34 different parameters which can be selected and combined differently, and the operator proceeds to the next step

15 by activating the button "Next". On the following screen pictures it will be possible to set parameters like starting torque and ramp-up and ramp-down times and to select a speed profile (for example linear or S-curve). By using dynamic HTML techniques the web pages following the one shown in Figure 3 is programmed to only show relevant parameters when compared to the

20 choices made earlier by the operator. This makes creation of the configuration file user friendly. Thus, based on the large number of possible parameters to be set, there are a multitude of variations which enables product differentiation by means of the configuration file.

25 The Internet server 7 (Figure 1) contains data sets 10 which contain the latest data for the frequency converter. It may be thermal data and electric data, but also information about new programmable parameters. Further, one data set can contain application specific parameters for e.g. hoist-and-lower applications whereas another set contains data to be used in pump

30 applications. Application specific data sets are to be used for general purpose motor controllers, which use the same common hardware but are tailored to

- 8 -

their task by means of the configuration file. The data sets 10 are stored in the file format of Microsoft's database program "Access®".

The customer libraries 9 make it possible for the operator to store the  
5 generated configuration file on the server in order that he can get the file on  
demand, or that other operators at the customer's place can make use of the  
file. The customer will, of course, also be able to store the file on his own PC.

The compiler 11 is the software unit that converts the selected parameter-  
10 settings into the final configuration file being a code which can be interpreted  
by the ASIC or microcontroller of the control unit in the frequency converter.  
This compiler is preferably produced in the programming code Java® or placed  
on the server in the form of a CGI program (Control Graphic Interface), thus  
being in a hex- or binary format. The transmitting unit 12 is the program unit by  
15 means of which the configuration file can be downloaded from the server over  
the Internet to the PC. This unit is made in HTML language or as a Java script.

After the user has been through the interactive programming software, which  
during parameterization has fetched data about the frequency converter in the  
20 database 10, the user presses the "Finish" button (not shown) and the  
compiler generates the configuration file. This file typically has a size of 2 kB,  
and is now ready for download.

Figure 2 describes a second embodiment of the invention. The PC is here  
25 completely left out, and instead the frequency converter is connected directly  
to the Internet server 7 via the Internet connection 13. This connection is not  
necessarily permanent, but can be provisionally established when the  
frequency converter is to be installed. Instead of using the PC as an user  
interface, the panel 14 of the frequency converter is used. This panel often  
30 has a graphical display. Once the connection is established, the interactive  
programming software will be shown in the graphic display of the frequency

- 9 -

converter. A modification of the screen display in relation to Figure 3 is required as the graphic display is typically considerably smaller than a PC screen so that the entire web page cannot be shown. However, solutions to this problem have already been found by manufacturers within the mobile

5 telephone industry by modifying the HTML format into another format (called Tagged Text Markup Language, TTML), which shows only the parts of a web-page that has been tagged by the owner of the web-page.

When the frequency converter begins the communication with the Internet

10 server, it first transmits an identification code that informs the server about the attached frequency converter type as well as the display type, whereafter the server executes a modified version of the interactive programming software, which means a version, that differs from the PC based version. The operator can then generate and download the configuration file from the server by

15 means of the panel buttons 15.

A third embodiment (not shown) concerns the type of frequency converters which has no or almost no human user interface. This type can also be connected to the Internet server according to the invention, and via so-called

20 dip-switches on the frequency converter the operator can select its settings which following an identity code is sent to the server which confirm receipt with a newly generated configuration file which is downloaded by the converter.

25 Common to the three embodiments described and the invention in general is the opportunity to place a communication interface between the PC and the motor controller or between the Internet server and the motor controller. The communication interface contains all the communication hardware and establishes the connection between the motor controller and the PC or

30 between the motor controller and the Internet server. The communication interface may possibly also have a user interface. The advantage of this

- 10 -

solution is that the motor controller can be manufactured at a lower price because the communication hardware is not built into the apparatus.

As a communication interface a standard mobile telephone or other wireless  
5 portable graphic user interfaces can be used. As the motor controller is  
connected to the Internet server via an ordinary phone-connection or  
connected to a PC, generating the configuration file can be done wireless, and  
also downloading can be executed from this user interface.

5

**Patent claims**

1. A method for programming a motor controller where an operator before start-up of the motor controller generates a configuration file which is sent to the motor controller characterized in that the operator via a user interface interactively generates the configuration file on an Internet server and then downloads the configuration file to the motor controller, and where the Internet server contains the following elements:
  - 15 A) an interactive programming software for the selection of configuration parameters
  - B) a database containing data about motor controllers
  - C) a compiler which generates the configuration file from selected configuration parameters and relevant data about motor controllers
  - 20 D) a transmitter unit for sending the configuration file via the Internet
2. A method according to claim 1 characterized in that the user interface is a PC which contains Internet-browser-software, that the motor controller communicates with the PC, that the PC communicates with the Internet-server and that the operator via the Internet-browser-software activates the elements A-D.
3. Method according claim 2 characterized in that the Internet-browser-software on activation of the transmitter unit on the Internet-server downloads the configuration file directly to the motor controller.

- 12 -

4. A method according to claim 1 characterized in that the user interface is placed on the motor controller and that the program units A-D of the Internet-server are activated from this user interface.
5. A method according to claim 4 characterized in that the motor controller informs the Internet-server about the type of the user interface and/or the type of motor controller.
6. A method according to one of the previous claims characterized in that the 10 motor controller communicates via a communication interface which is connected with the motor controller on one side and a PC or the Internet server on the other side.
7. Method according to claim 6 characterized in that the communication 15 interface is a portable graphical user interface as for example a mobile telephone and that the portable graphical user interface is wirelessly connected with the motor controller or the PC or the Internet server.
8. System for programming of a motor controller where the motor controller is 20 programmed with a configuration file which is sent to the motor controller characterized in that the system contains a user interface (4,14) and that the configuration file is generated on an Internet server (7) via this user interface, and that the Internet server contains the following elements:
  - 25 (A) an interactive programming software (8) for the selection of configuration parameters
  - (B) a database (10) containing data about motor controllers
  - (C) a compiler (11) for generating the configuration file from selected configuration parameters and relevant data about motor controllers
  - 30 (D) a transmitting unit (12) for sending the configuration file via the Internet

- 13 -

9. System according to claim 8 characterized in that the user interface is a PC (4) with Internet-browser-software, that the motor controller (1) communicates with the PC, that the PC communicates with the Internet-server (7) and that an operator via the Internet-browser-software activates the elements A-D  
5 (8,10,11,12).

10. System according to claim 8 characterized in that the user interface (14) is placed on the motor controller (1), or in a portable communication unit outside the motor controller, and that the programming units A-D (8,10,11,12) of the Internet server are activated from this user interface.

11. System according to one of the claims 8-10 characterized in that the data-base (10) incorporates application specific data.

15

20

25

30

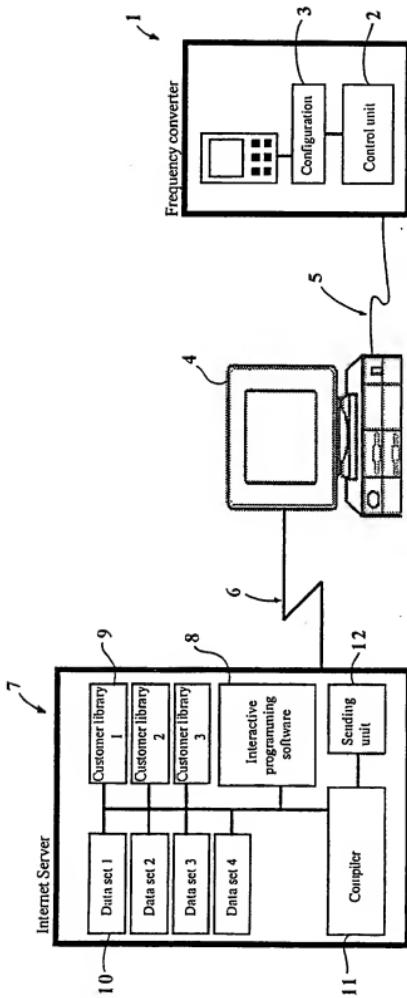


Fig. 1

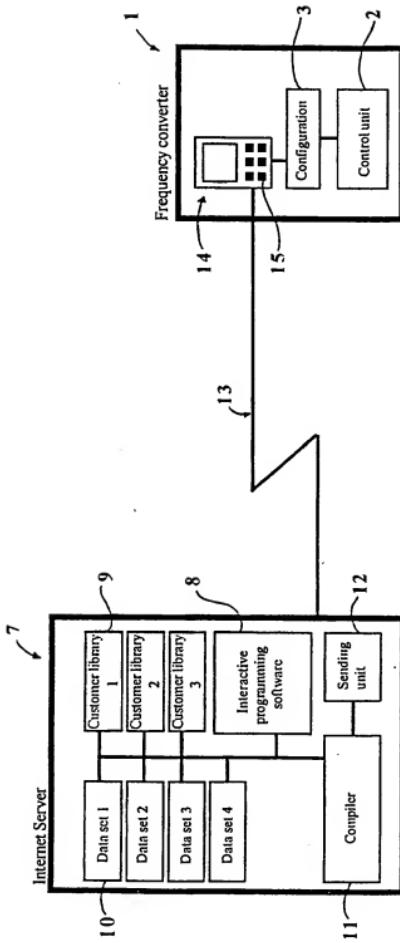
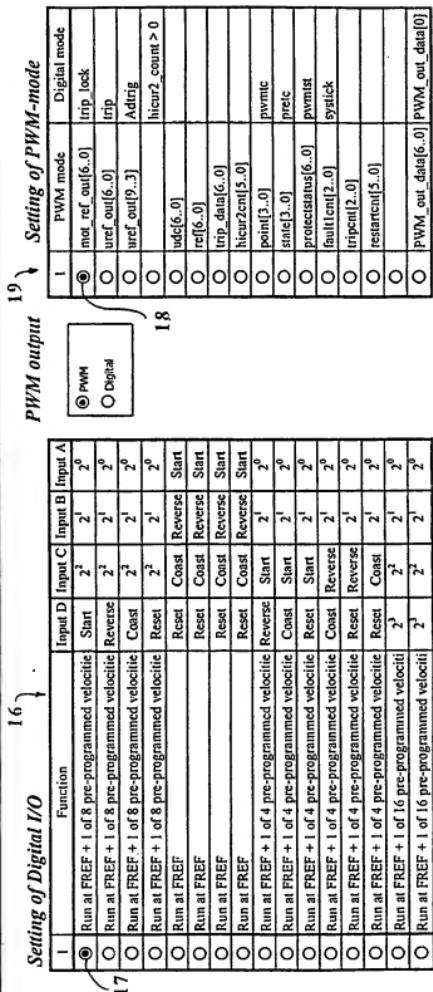


Fig. 2

3 / 3

Next



Danfoss Low Power Drives Configuration Tool (C) 1999

Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DK 00/00707

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H02P 7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: G06F, H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 19826458 A1 (PAPST-MOTOREN GMBH & CO KG), 16 December 1999 (16.12.99), column 16, line 27 - line 36, figure 22 --	1-11
A	WO 9837493 A1 (V. KANN RASMUSSEN INDUSTRI A/S), 27 August 1998 (27.08.98), figure 2, abstract --	1-11
A	EP 0936729 A1 (EBARA CORPORATION), 18 August 1999 (18.08.99), column 7, line 24 - line 39, figure 2 --	1-11

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X"	document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is cited when the document does not alone
"E" document of publication or patent but published on or after the international filing date	"Y"	document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is cited when the document does not alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Z"	document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

10 April 2001

Date of mailing of the international search report

07.05.01

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office

Authorized officer

Bertil Nordenberg/MN  
Telephone No.

Facsimile No. .

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DK 00/00707

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9913418 A1 (SQUARE D COMPANY), 18 March 1999 (18.03.99), figure 1, abstract -----	1-11

SI 16790

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

25/02/01

International application No.

PCT/DK 00/00707

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE	19826458	A1	16/12/99	AU WO	4510899 A 9966633 A	05/01/00 23/12/99
-----						
WO	9837493	A1	27/08/98	AU DK EP	5982898 A 17997 A 1010089 A	09/09/98 21/08/98 21/06/00
-----						
EP	0936729	A1	18/08/99	AU CN JP WO JP JP	4726297 A 1235709 A 10131866 A 9819389 A 10141240 A 10155283 A	22/05/98 17/11/99 19/05/98 07/05/98 26/05/98 09/06/98
-----						
WO	9913418	A1	18/03/99	EP US US	0937289 A 6061603 A 6151625 A	25/08/99 09/05/00 21/11/00
-----						

# **WO9804835**

Publication Title:

## **PROCESS FOR REGULATING A UNIT OR A FREQUENCY CONVERTER**

Abstract:

Abstract of WO9804835

The invention relates to the process for regulating a unit driven by a three-phase motor such as a pump or a compressor, including a side channel compressor, with feeding features like volume flow and differential pressure. The three-phase motor is preceded by a frequency converter, inside or after which the power current is measured. In order to improve the regulation process of such a unit, it is suggested to take into account the measured intensity of current when regulating a feeding feature. Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

---

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

**PCT**

WELTOGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F04D 15/00, H02P 7/628</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/04835</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>5. Februar 1998 (05.02.98)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP97/04041</b>		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmeldedatum: <b>25. Juli 1997 (25.07.97)</b>		(70) Prioritätsdaten: 196 30 384.2 29. Juli 1996 (29.07.96) DE	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>GEBR. BECKER GMBH &amp; CO. [DE/DE]; Höller Feld 29-31, D-42279 Wuppertal (DE).</b>		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>HENNING, Hans-Heinrich [DE/DE]; Hermann-Löns-Straße 30, D-58256 Ennepetal (DE). WINKELESTRÖTER, Walter [DE/DE]; Roseggerstraße 33, D-42289 Wuppertal (DE). HOLLMANN, Cardieter [DE/DE]; Bommerholzer Strasse 57, D-58456 Witten (DE). HEISLER, Olaf [DE/DE]; Windecke 100, D-58256 Ennepetal (DE). FROHN, Dieter [DE/DE]; Obere Lichtenplatzter Strasse 361, D-42287 Wuppertal (DE). HILVERKUS, Achim [DE/DE]; Wickhausen 100, D-42929 Wermelskirchen (DE).</b>		(74) Anwälte: <b>MÜLLER, Enno usw.; Corneliusstrasse 45, D-42329 Wuppertal (DE).</b>	
(54) Titel: PROCESS FOR REGULATING A UNIT OR A FREQUENCY CONVERTER			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES AGGREGATS UND FREQUENZUMRICHTER			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to the process for regulating a unit driven by a three-phase motor such as a pump or a compressor, including a side channel compressor, with feeding features like volume flow and differential pressure. The three-phase motor is preceded by a frequency converter, inside or after which the power current is measured. In order to improve the regulation process of such a unit, it is suggested to take into account the measured intensity of current when regulating a feeding feature.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines mittels eines Drehstrommotors angetriebenen Aggregates wie einer Pumpe oder eines Verdichters, bspw. eines Seitenkanalverdichters, mit Förderkennwerten wie Volumenstrom oder Druckdifferenz, wobei dem Drehstrommotor ein Frequenzumrichter vorgeschaltet ist und im oder nach dem Frequenzumrichter eine Messung des elektrischen Stroms erfolgt. Um ein verbessertes Verfahren zur Regelung eines solchen Aggregates anzugeben, schlägt die Erfindung vor, daß die gemessene Stromstärke zur Einstellung eines Förderkennwertes herangezogen wird.</p>			

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	IU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Korea	PT	Portugal		
CN	China	KR	Republik Korea	RO	Rumänien		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SG	Singapur		
EE	Estland	LR	Liberia				

00001 Verfahren zur Regelung eines Aggregats und Frequenzum-  
00002 richter  
00003  
00004 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines  
00005 mittels eines Wechselstrom- oder Drehstrommotors ange-  
00006 triebenen Aggregates wie einer Pumpe oder eines Verdich-  
00007 ters, bspw. eines Seitenkanalverdichters, mit Förder-  
00008 kennwerten wie Volumenstrom bzw. Massenstrom oder Druck-  
00009 differenz, wobei dem Drehstrommotor ein Frequenzumrich-  
00010 ter vorgeschaltet ist und in oder nach dem Frequenzum-  
00011 richter eine Messung des elektrischen Stromes oder der  
00012 hierzu proportionalen elektrischen Spannung erfolgt.  
00013  
00014 Derartige Aggregate mit vorgeschaltetem Frequenzumrich-  
00015 ter sind bekannt. Arbeitsmaschinen, wie z.B. Gebläse  
00016 oder Vakuumpumpen, werden durch über Frequenzumrichter  
00017 gespeiste Drehstrom- oder Wechselstrommotoren angetrie-  
00018 ben. Mit Hilfe eines Frequenzumrichters können Frequen-  
00019 zen abweichend von der Netzfrequenz eingestellt werden  
00020 und die Leistung einer solchen Arbeitsmaschine ohne  
00021 Veränderung ihres Aufbaus bspw. über einen an sich bei  
00022 konstanter Frequenz gegebenen Grenzwert hinaus gestei-  
00023 gert werden. Die Antriebsdrehzahl eines solchen Elektro-  
00024 motors kann mit Hilfe des Frequenzumrichters nahezu be-  
00025 liebig verstellt werden. Damit kann die Leistung exakt  
00026 an den jeweiligen Bedarf angepaßt werden.  
00027  
00028 Hinsichtlich der genannten Förderkennwerte ist am Bei-  
00029 spiel eines Seitenkanalverdichters als Arbeitsmaschine  
00030 der Volumenstrom in Abhängigkeit von der Druckdifferenz  
00031 und die Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von der Druck-  
00032 differenz von Bedeutung. Darüber hinaus ist auch die  
00033 Temperatur in Abhängigkeit von der Druckdifferenz von  
00034 Interesse, da jedenfalls eine obere Grenztemperatur zu  
00035 beachten ist. Der Betriebspunkt eines solchen Verdich-

00036 ters ergibt sich als Schnittpunkt einer Verbraucher-  
00037 und einer Verdichterkennlinie. Es kann sich nun erge-  
00038 ben, daß der an sich gegebene Betriebspunkt jenseits  
00039 von einem durch das Aggregat vorgegebenen Grenzwert  
00040 liegt, bspw. oberhalb einer möglichen, etwa durch eine  
00041 maximal zulässige Temperatur im Verdichter gekennzeich-  
00042 neten, Druckdifferenz. Man hat sich diesbezüglich be-  
00043 reits damit geholfen, daß nachgeschaltet zu dem Verdich-  
00044 ter ein Ablaußventil vorgesehen ist, das bei zu hoher  
00045 Druckdifferenz öffnet. Ersichtlich ist diese Vorgehens-  
00046 weise aber sehr nachteilig, da ein Teilstrom des durch  
00047 den Verdichter geförderten Mediums ungenutzt abgeblasen  
00048 wird. Ein Teil der zur Verdichtung oder Vakuumherzeugung  
00049 eingesetzten Energie bleibt ungenutzt.

00050  
00051 In diesem Zusammenhang ist bereits weiter vorgeschlagen  
00052 worden, bei über Frequenzumrichter angetriebenen Moto-  
00053 ren einen Regler vorzusehen, welcher in Abhängigkeit  
00054 von gemessenen Werten wie Druck oder Strömung im Ver-  
00055 brauchersystem eine Leistungsanpassung vornimmt. Er-  
00056 sichtlich ist hier aber neben dem gesonderten Regler-Ag-  
00057 gregat eine aufwendige Sensorik erforderlich. Jedoch  
00058 läßt sich durch eine Messung des Druckes im Verbrauchs-  
00059 system bei dieser Lösung bereits eine Regelung auf  
00060 konstanten Betriebsdruck ohne Zusatzverluste durchfüh-  
00061 ren.

00062  
00063 Im Hinblick auf den vorbeschriebenen Stand der Technik  
00064 beschäftigt sich die Erfindung mit der technischen  
00065 Problematik, ein verbessertes Verfahren zur Regelung  
00066 eines wie vorstehend beschriebenen Aggregates anzuge-  
00067 ben. Bei möglichst verminderter Aufwand soll in energie-  
00068 tisch vorteilhafter Weise eine einfache Regelung mög-  
00069 lich sein. Diese technische Problematik ist zunächst  
00070 und im wesentlichen beim Gegenstand des Anspruches 1

00071 gelöst, wobei darauf abgestellt ist, daß die in oder  
00072 nach dem Frequenzumrichter gemessene Stromstärke zur  
00073 Einstellung eines Förderkennwertes herangezogen wird.  
00074 Der elektrische Strom kann auch über den hierzu - über  
00075 die Spannung- proportionalen Wert der elektrischen  
00076 Leistung gemessen werden. Die Messung erfolgt in Abhän-  
00077 gigkeit der aktuellen Frequenz. Erfindungsgemäß ist  
00078 erkannt worden, daß, in Abhängigkeit von der Frequenz,  
00079 bei einem Aggregat wie bspw. einem Seitenkanalverdich-  
00080 ter ein mathematisch beschreibbarer bspw. sogar im  
00081 wesentlichen linearer Zusammenhang zwischen der Strom-  
00082 stärke bzw. der elektrischen Leistung und einem Förder-  
00083 kennwert, wie etwa der Druckdifferenz, gegeben ist. Wie  
00084 weiter unten noch ausgeführt, konnte im weiteren ermit-  
00085 telt werden, daß der angesprochene Zusammenhang sogar  
00086 im wesentlichen ein quadratischer ist. Hiervon ausge-  
00087 hend ist weiter erkannt worden, daß dann, wenn eine  
00088 solche Kennlinie bekannt ist, durch Umrechnung, ohne  
00089 daß eine sensorische Überprüfung im Verbrauchernetz  
00090 oder Aggregat erforderlich ist, ein beliebiger anderer  
00091 Kennwert eingestellt werden kann. Es ist im weiteren  
00092 nur erforderlich, die Höchst- bzw. Grenzwerte des zuläs-  
00093 sigen Stromes bzw. der zulässigen elektrischen Leistung  
00094 zu kennen. Diese Grenzwerte ergeben sich aus den maxi-  
00095 mal zulässigen Drehzahlen, dem maximal zulässigen Motor-  
00096 strom, der maximal zulässigen elektrischen Leistung des  
00097 Frequenzumrichters und den maximal zulässigen Betriebs-  
00098 temperaturen für den Frequenzumrichter, den Motor und  
00099 den Verdichter bzw. die Pumpe. Sodann ist ein Feld  
00100 gegeben, in welchem beliebige Werte eingestellt oder  
00101 beliebige Kennlinien gefahren werden können. Die Rege-  
00102 lung erfolgt ausgerichtet an der gemessenen Stromstärke  
00103 bzw. der ermittelten elektrischen Leistung und der  
00104 Frequenz. Entsprechend sieht die Erfindung vor, daß die  
00105 Stromstärke (die elektrische Leistung), die in oder

00106 nach dem Frequenzumrichter ermittelt wird, kombiniert  
00107 mit einem Förderkennwert wie einer Druckdifferenz oder  
00108 einem Volumenstrom, welcher bezogen auf die Frequenz  
00109 einen Parameter darstellt, zur Einstellung eines Be-  
00110 triebspunktes innerhalb eines Kennlinienfeldes genutzt  
00111 wird. Es wird experimentell bzw. empirisch eine Strom-  
00112 kennlinie oder eben eine Leistungskennlinie in Abhängig-  
00113 keit von der Frequenz für einen Förderkennwert wie etwa  
00114 eine Druckdifferenz als Parameter ermittelt und hiervon  
00115 ausgehend gewünschte Betriebspunkte bei geänderten  
00116 Parametern durch eine Umrechnung der zugehörigen Strom-  
00117 stärke oder elektrischen Leistung errechnet. Aufgrund  
00118 der bekannten Zusammenhänge zwischen Volumenstrom und  
00119 Druckdifferenz in Abhängigkeit von der Frequenz kann  
00120 mit einem durch eine Druckdifferenz und eine bestimmte  
00121 Stromstärke oder elektrische Leistung gekennzeichneten  
00122 Punkt eines Kennfeldes auch ein gewünschter Volumen-  
00123 strom erreicht werden, bzw. ausgehend von einem ge-  
00124 wünschten Volumenstrom eine zugehörige oder zulässige  
00125 Druckdifferenz und hierzu entsprechende Stromstärke  
00126 oder elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Fre-  
00127 quenz ermittelt werden. Es kann auch eine praktisch  
00128 beliebige Kennlinie in einfacher Weise gefahren werden.  
00129  
00130 Im weiteren wird das Verfahren bevorzugt derart durchge-  
00131 führt, daß der gemessene elektrische Strom oder die  
00132 gemessene elektrische Leistung mit einem in Abhängig-  
00133 keit von der Aggregatleistung zulässigen maximalen  
00134 Strom oder einer zulässigen maximalen elektrischen  
00135 Leistung verglichen wird und daß ein Überschreiten des  
00136 jeweiliig zulässigen Stromes bzw. der jeweiliig zulässi-  
00137 gen Leistung unterbunden wird. Seine Kennlinie oder ein  
00138 bestimmter Betriebspunkt wird derart gefahren oder  
00139 angesteuert, daß nur ein maximal zulässiger Strom oder

00140 eine maximal zulässige elektrische Leistung erreicht  
00141 wird, aber jeweils nicht überschritten wird.

00142

00143 Gegenstand der Erfindung ist auch ein Frequenzumrichter  
00144 zur Leistungsregelung eines mittels eines Wechsel- oder  
00145 Drehstrommotors angetriebenen Aggregates wie einer  
00146 Pumpe oder eines Verdichters, bspw. eines Seitenkanal-  
00147 verdichters.

00148

00149 Hinsichtlich eines solchen Frequenzumrichters beschäf-  
00150 tigt sich die Erfindung mit der technischen Problema-  
00151 tik, eine Ausgestaltung anzugeben, die eine vorteilhaf-  
00152 te Regelung des Aggregates ermöglicht.

00153

00154 Diese technische Problematik ist zunächst und im wesent-  
00155 lichen dadurch gelöst, daß der Frequenzumrichter ein  
00156 Speicherelement aufweist, in welchem ein Zusammenhang  
00157 zwischen der Stromstärke und der Frequenz bzw. der  
00158 elektrischen Leistung und der Frequenz niedergelegt  
00159 ist. Bspw. kann es sich bei dem Speicherelement um ein  
00160 EPROM oder EEPROM handeln. Bevorzugt ist eine charakte-  
00161 risitische Kurve des Zusammenhangs zwischen dem elektri-  
00162 schen Strom oder der elektrischen Leistung und Frequenz  
00163 bezüglich eines ausgewählten Parameters, wie etwa der  
00164 Druckdifferenz oder des Volumen- bzw. Massenstroms im  
00165 Falle eines Seitenkanalverdichters, niedergelegt. Dar-  
00166 über hinaus auch der Grenzstrom in Abhängigkeit der  
00167 Frequenz und der Temperatur. Bei einem Frequenzumrich-  
00168 ter mit Vektorregelung wird die zur Kennlinienregelung  
00169 herangezogene Leistung aus dem geregelten Drehmoment  
00170 und der Drehzahl ermittelt. Vorteilhafterweise kann  
00171 mittels eines Frequenzumrichters gemäß einer der vorste-  
00172 hend beschriebenen Ausbildungen die Regelung eines  
00173 genannten Aggregates ohne eine in das Aggregat oder ein  
00174 nachgeschaltetes Verbrauchernetz eingebaute Sensorik

00175 durchgeführt werden. Ein gesonderter Regler kann entfallen. In weiterer Einzelheit ist es auch möglich, den  
00176 Strom innerhalb des Frequenzumrichters vor oder hinter  
00177 dem Wechselrichter zu messen. Soweit die elektrische  
00178 Leistung zur Regelung herangezogen werden soll, kann  
00179 sie hieraus berechnet werden. Da zwischen Spannung und  
00180 Frequenz bei einem Frequenzumrichter ein definierter  
00181 Zusammenhang besteht (Frequenzumrichter mit U/f-Kennlini-  
00182 ensteuerung), kann man sich auf die Frequenz und den  
00183 Strom bzw. die daraus berechnete elektrische Leistung  
00184 als Variable beschränken. Der Strom ist eine Funktion  
00185 der Leistungsaufnahme der Arbeitsmaschine und der Motor-  
00186 charakteristik. Die Leistungsaufnahme der Arbeitsmaschi-  
00187 ne ist eine Funktion des Verbrauchersystems und der  
00188 Drehfrequenz. Die Frequenz wird vom Anwender vorge-  
00189 wählt, z.B. mit Hilfe eines variablen Widerstandes, sie  
00190 kann aber auch durch den Regler (Frequenzumrichter) in  
00191 Verknüpfung mit dem zur Regelung herangezogenen elektri-  
00192 schen Strom oder der elektrischen Leistung eingeregelt  
00193 werden. Die in dem Frequenzumrichter oder zugeordnet zu  
00194 dem Frequenzumrichter niedergelegten Leistungs-Fre-  
00195 quenz-Kennlinien können durch externe Einstellungen  
00196 parametriert werden. D.h. ein Parameter kann geändert  
00197 und ein anderer Betriebspunkt angesteuert werden. In  
00198 diesem Zusammenhang wird insbesondere auch vorgeschla-  
00199 gen, daß der Frequenzumrichter ein integriertes Poten-  
00200 tiometer oder eine vergleichbare Einrichtung aufweist,  
00201 zur unmittelbaren Einwirkung auf den genannten elektri-  
00202 schen Strom bzw. die genannte elektrische Leistung.  
00203 Dies zur Einstellung von Drehzahl oder Druck bzw. Massen-  
00204 strom. Wird durch eine Höherbelastung der Arbeitsmaschi-  
00205 ne, z.B. durch Zuschalten eines Verbrauchers, die Grenz-  
00206 kennlinie für den Strom bzw. die Leistung und die Fre-  
00207 quenz verlassen, so regelt der Regler die Frequenz der-  
00208 art, daß die Grenzkennlinie (Soll-Leistungskennlinie)

00210 gerade wieder erreicht wird. Auf diese Art können nahe-  
00211 zu beliebige Arbeitsmaschinen-Kennlinien gefahren wer-  
00212 den. Hinsichtlich des Frequenzumrichters kann auch, wie  
00213 bereits weiter oben erwähnt, ein sogenannter Vektor-Um-  
00214 richter zur Anwendung kommen. Hierbei wird der dort  
00215 gesondert gemessene Stromanteil  $I_\mu$  entsprechend den  
00216 vorstehenden Ausführungen zur Einstellung eines Förder-  
00217 kennwertes herangezogen.

00218  
00219 Nachstehend ist die Erfindung anhand der beigefügten  
00220 Zeichnungen, die jedoch lediglich Ausführungsbeispiele  
00221 betreffen, erläutert. Hierbei zeigt:

00222  
00223 Fig. 1 ein grundsätzliches Schaltbild eines auf ein  
00224 Verbrauchernetz arbeitenden Seitenkanalverdich-  
00225 tlers, ohne Frequenzumrichter;

00226  
00227 Fig. 2 ein Diagramm, das den grundsätzlichen Zusam-  
00228 hang zwischen Volumenstrom und Druckdifferenz  
00229 bei einem Seitenkanalverdichter wiedergibt;

00230  
00231 Fig. 3 ein weiteres Diagramm, das den Zusammenhang  
00232 zwischen Leistungsaufnahme und Druckdifferenz  
00233 darstellt;

00234  
00235 Fig. 4 ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen  
00236 einer im Verdichter erreichten Temperatur und  
00237 der Druckdifferenz darstellt;

00238  
00239 Fig. 5 eine Darstellung gemäß Fig. 1, jedoch mit  
00240 einem Frequenzumrichter und einem vorgeschalte-  
00241 ten Regler;

00242

00243 Fig. 6 ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen  
00244 dem Volumenstrom und der Druckdifferenz mit  
00245 der Frequenz als Parameter wiedergibt;  
00246

00247 Fig. 7 ein Fig. 6 entsprechendes Diagramm, jedoch mit  
00248 der Auftragung der Leistung über der Druckdif-  
00249 fferenz;  
00250

00251 Fig. 8 ein weiteres Diagramm entsprechend Fig. 6 oder  
00252 Fig. 7 jedoch mit der im Aggregat (Verdichter)  
00253 vorliegenden Temperatur über der Druckdiffe-  
00254 renz aufgetragen;  
00255

00256 Fig. 9 eine Darstellung gemäß Fig. 1 bzw. Fig. 5,  
00257 lediglich mit einem Frequenzumrichter, der auf  
00258 einen Drehstrommotor und einen mit letzterem  
00259 verbundene Seitenkanalverdichter wirkt;  
00260

00261 Fig. 10 ein Fig. 2 entsprechendes Diagramm, zur Erläu-  
00262 terung einer beispielhaften Kennlinie im Zusam-  
00263 menhang mit den Fig. 11 und 12  
00264

00265 Fig. 11 ein Diagramm, das den im Frequenzumrichter  
00266 gemessenen Strom in Abhängigkeit von der im  
00267 Seitenkanalverdichter gefahrenen Druckdiffe-  
00268 renz mit der Frequenz als Parameter darstellt;  
00269

00270 Fig. 12 ein Diagramm, das den Strom über der Frequenz  
00271 mit der Druckdifferenz als Parameter darstellt;  
00272

00273 Fig. 12a ein Diagramm gemäß Fig. 12, mit einer, einer  
00274 quadratischen Gleichung folgenden, realen  
00275 Meßwerten unterlegten Kurve; und  
00276

00277 Fig. 13 ein beispielhaftes Kennfeld eines Seitenkanal-  
00278 verdichters mit charakteristischen Grenzlinien.

00279

00280 Dargestellt und beschrieben ist, zunächst mit Bezug zur  
00281 Fig. 1, ein Anlagenschema. Bei diesem Anlagenschema ist  
00282 ein Seitenkanalverdichter 1 vorgesehen, der von einem  
00283 Drehstrommotor 2 angetrieben wird. Der Seitenkanalver-  
00284 dichter 1 arbeitet über eine Leitung 3 auf in einem  
00285 Netz angeordnete Verbraucher a, b, c, d. In der Leitung  
00286 3 ist ein Abblasventil 4 angeordnet. Der Seitenkanalver-  
00287 dichter arbeitet mit der Druckdifferenz Delta p. Hier-  
00288 bei handelt es sich um ein herkömmliches, noch nicht  
00289 erfundungsgemäß gestaltetes Anlagenschema. Es dient nur  
00290 zur Erläuterung des Ausgangspunktes der Erfahrung. Bei  
00291 einem solchen Anlagenschema stellen sich grundsätzlich,  
00292 vgl. Fig. 2, Betriebspunkte a', b', c' und d' ein. Hier-  
00293 bei entspricht der Betriebspunkt a' nur dem Betrieb der  
00294 Verbrauchsstelle a in Fig. 1, b' den Betrieb von Ver-  
00295 brauchsstellen a und b in Fig. 1 usw..

00296

00297 Wie bekannt liegen diese Betriebspunkte einerseits auf  
00298 der zugehörigen Verbraucherkennlinie a'', b'', c'' bzw.  
00299 d'' und andererseits auf dem Schnittpunkt mit der För-  
00300 derkennlinie 1' des Seitenkanalverdichters selbst.

00301 Weiter besitzt der Seitenkanalverdichter eine maximal  
00302 leistbare Druckdifferenz, welche in Fig. 2 mit Delta p  
00303 grenz angegeben ist. Wie ersichtlich würden die Be-  
00304 triebspunkte a' und b' an sich, vgl. a\* und b\*, einem  
00305 Delta p zugehörig liegen, das nicht erreicht werden  
00306 kann. Dies aufgrund der Tatsache, daß die erforderliche  
00307 Antriebsleistung oberhalb der erreichbaren Grenzlei-  
00308 stung N grenz (vgl. Fig. 3) läge. Es ist im übrigen  
00309 durch die angedeutete Hoch- bzw. Herunterlotung der an  
00310 sich bekannte Zusammenhang zwischen den Diagrammen  
00311 angedeutet. Die Leistung N grenz kann durch die maxima-

00312 le Motorleistung oder aber auch durch die maximale  
00313 Gebläsetemperatur bestimmt sein, bezüglich letzterem  
00314 vgl. Fig. 4.

00315

00316 Um gleichwohl den Betriebspunkt a' zu erreichen, ist  
00317 das Ventil 4 vorgesehen, welches öffnet, wenn der Grenz-  
00318 druck Delta p grenz erreicht ist. Diese Art der Kennli-  
00319 nien-Beeinflussung wird bspw. auch eingesetzt, um paral-  
00320 lel geschaltete Verbraucher mit konstantem Druck zu  
00321 versorgen. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 4 trifft  
00322 dies auf die Verbraucher a und b bzw. die Betriebspunk-  
00323 te a' und b' zu.

00324

00325 Zur Verbesserung der Anlage gemäß Fig. 1 ist auch be-  
00326 reits eine Anlage gemäß Fig. 5 vorgeschlagen worden.  
00327 Zusätzlich zu der Anlage gemäß Fig. 1 ist hier ein  
00328 Frequenzumrichter 5 vorgesehen, auf welchen ein Regler  
00329 6 einwirkt. Der Regler 6 arbeitet bspw. mit Sensoren 7,  
00330 8, 9, wobei der Sensor 7 ein Drucksensor, der Sensor 8  
00331 ein Temperatursensor im Motor und der Sensor 9 ein  
00332 Temperatursensor im Seitenkanalverdichter sein kann.  
00333 Die Sensoren 8 und 9 können auch auf den Frequenzumrich-  
00334 ter 5 einwirken.

00335

00336 Der Drucksensor 7 mißt den Druck im Verbrauchersystem  
00337 und gibt ein entsprechendes Meßsignal an den Regler 6.  
00338 Der Regler 6 gibt über die Leitung 10 ein Ausgangssi-  
00339 gnal an den Frequenzumrichter 5 dergestalt, daß bei zu  
00340 niedrigem Druck eine Drehzahlerhöhung und bei zu hohem  
00341 Druck eine Drehzahlabsenkung erfolgt. Der Sensor 7 kann  
00342 außer einem Druck- bspw. auch ein Strömungssensor sein,  
00343 zur Einregelung oder Erreichung eines bestimmten Volu-  
00344 menstromes im Verbrauchersystem.

00345

00346 In Fig. 6 ist der Volumenstrom über der Druckdifferenz  
00347 aufgetragen, wobei als Parameter verschiedene Frequen-  
00348 zen f1, f2, f3, f4 und f5 eingezeichnet sind. Die Fre-  
00349 quenz steigt von f1 zu f5 hin an.

00350  
00351 In Fig. 7 ist die Leistung (Leistungsaufnahme) über der  
00352 Druckdifferenz aufgetragen, wieder mit den Frequenzen  
00353 f1 usw. als Parameter.

00354  
00355 Vergleichbares ist in Fig. 8 aufgetragen, betreffend  
00356 die Temperatur über der Druckdifferenz, wiederum mit  
00357 den Frequenzen als Parameter. Die Zusammenhänge zwi-  
00358 schen den einzelnen Diagrammen sind wiederum durch  
00359 gestrichelte vertikale Linien angedeutet.

00360  
00361 Es ist ersichtlich, daß sowohl in Fig. 7 wie auch in  
00362 Fig. 8 eine Grenze durch die Grenzleistung N grenz bzw.  
00363 die Grenztemperatur T grenz gegeben ist.

00364  
00365 Soweit vor- und nachstehend auf den Volumenstrom Bezug  
00366 genommen ist, versteht sich, daß stattdessen auch der  
00367 Massenstrom eingesetzt werden kann. Letzteres empfiehlt  
00368 sich sogar, wenn der Volumenstrom etwa nicht gegenüber  
00369 der Atmosphäre mit einer bekannten Blende gemessen  
00370 wird, sondern etwa nur eine Messung innerhalb des Sy-  
00371 stems zur Verfügung steht. Dies um die bekannten Abwei-  
00372 chungen, die sich dann bei der Messung des Volumen-  
00373 stroms aufgrund des Dichteunterschieds einstellen kön-  
00374 nen, auszuschalten.

00375  
00376 In Fig. 9 ist ein im Hinblick auf die Fig. 1 und 5  
00377 erfundungsgemäß ausgestaltetes Anlagenschema wiedergege-  
00378 ben. Der Frequenzumrichter ist hier mit 5' bezeichnet,  
00379 da es sich um einen erfundungsgemäß abgewandelten Fre-  
00380 quenzumrichter gegenüber dem Frequenzumrichter 5 des

00381 Anlagenschemas gemäß Fig. 5 handelt. Im übrigen ist der  
00382 Regler 6 ersatzlos in Wegfall gekommen. Man kann auch  
00383 sagen, daß nunmehr ein "intelligenter" Frequenzumrich-  
00384 ter 5' vorgesehen ist, der auch Regelungsaufgaben über-  
00385 nehmen kann.

00386

00387 Der Frequenzumrichter 5' wirkt hierzu mit einem Spei-  
00388 cher 11 zusammen, in welchem eine Referenzfunktion oder  
00389 eine Referenzkurve des elektrischen Stroms oder der  
00390 elektrischen Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz  
00391 gespeichert ist. Bei dem Speicher 11 kann es sich bspw.  
00392 um ein EEPROM oder ein EEPROM handeln. Anstelle einer  
00393 Referenzfunktion kann es sich auch, wenn sogleich die  
00394 Betriebspunkte abgespeichert sind, um eine Sollfunktion  
00395 handeln.

00396

00397 Eine solche Referenzkurve ist in Fig. 12 dargestellt.  
00398 Hier ist der Strom über der Frequenz aufgetragen. Es  
00399 ist ersichtlich, daß der Strom zwischen den Frequenzen  
00400 f1 bis f4 im wesentlichen einer (vertikalen) Geraden  
00401 folgt. Wie festgestellt wurde, kann die Stromfunktion 4  
00402 hier etwa mit

00403

$$I = A * f + B$$

00405

00406 angegeben werden, wobei die Konstante B ihrerseits eine  
00407 Funktion von Delta p soll 1 (mit Bezug auf Fig. 11, wie  
00408 nachstehend noch näher erläutert) ist. In guter Nähe-  
00409 rung kann die Stromfunktion linear angenommen werden.

00410

00411 Wie weitere Überprüfungen jedoch erbracht haben, ist  
00412 die Funktion tatsächlich bezüglich des Stroms bzw. der  
00413 elektrischen Leistung eine quadratische Funktion nach  
00414 folgender Formel:

00415

00416            $I, N = K + A * f + B * f^2$

00417

00418 Auch hierbei sind die Konstanten ihrerseits Funktionen  
00419 von Delta p soll 1. Dieser, den realen Verhältnissen  
00420 noch besser entsprechende Zusammenhang ist in Fig. 12a  
00421 dargestellt. In dieser Figur sind tatsächlich gemessene  
00422 Werte durch eine Kurve gemäß vorstehender Formel verbun-  
00423 den.

00424

00425 In Fig. 11 ist der Strom über Delta p aufgetragen. Die  
00426 verschiedenen Frequenzen f1 bis f5 (hier wiederum in  
00427 ansteigender Relation gedacht) sind als Parameterschar  
00428 eingetragen.

00429

00430 Es ist ersichtlich, daß bei einem ersten gegebenen  
00431 Delta p soll 1 für die Frequenzen f1 bis f4 die Strom-  
00432 werte auf einer senkrechten Geraden liegen. Nach oben  
00433 ist der Stromanstieg durch den Grenzstrom I grenz be-  
00434 grenzt. Bezuglich der Frequenz f5 kann daher nur ein  
00435 geringeres Delta p gefahren werden als für die vorheri-  
00436 genen Frequenzen f1 bis f4. Der Strom ist etwa proporcio-  
00437 nal zur Leistung. Dies ermöglicht es in gleicher Weise  
00438 auch, wenn, wie auch beschrieben, der elektrische Strom  
00439 über den hierzu proportionalen Wert der elektrischen  
00440 Leistung gemessen wird, die elektrische Leistung über  
00441 der Druckdifferenz bzw. der Frequenz aufzutragen. Die  
00442 erhaltenen Zusammenhänge sind gleichartig.

00443

00444 In Fig 12 ist zusätzlich zu der gemessenen Kurve (Gera-  
00445 de) k eine hiervon rechnerisch ermittelbare Kurve k',  
00446 die einem zweiten Delta p entspricht, nämlich bezogen  
00447 auf Fig. 11 dem Delta p soll 2, eingetragen.

00448

00449 Der in dem Frequenzumrichter, oder danach, gemessene  
00450 Strom bzw. die ermittelte elektrische Leistung erweist

00451 sich somit als wesentlicher Anknüpfungspunkt zur Ausnut-  
00452 zung des Frequenzumrichters im Sinne eines Reglers.  
00453 Eine Kurve  $k$  kann werksseitig gemessen werden und in  
00454 dem Frequenzumrichter, etwa in der angesprochenen Form  
00455 eines EPROM oder EEPROM, niedergelegt werden. Sie kann  
00456 auch etwa erst nach dem Einbau gemessen werden und dann  
00457 in gleicher Weise abgespeichert werden. Die weiteren  
00458 Grenzbedingungen, die Grenzleistungen im Hinblick auf  
00459 die Leistungsfähigkeit des Motors, die Grenzleistung im  
00460 Hinblick auf die erreichbare Temperatur, der Grenzstrom  
00461 im Hinblick auf die Belastbarkeit der elektronischen  
00462 Bauelemente und die Grenzdrehzahl im Hinblick auf die  
00463 Zuverlässigkeit der Arbeitsmaschine können gleichfalls  
00464 in dem Speicher abgelegt sein. Sie können entsprechend  
00465 durch den Stromwert oder den Leistungswert ausgedrückt  
00466 werden bzw. ermittelt werden. Darüber hinaus kann es  
00467 noch eine untere Grenze geben, unterhalb welcher eine  
00468 angetriebene Arbeitsmaschine, wie etwa ein Seitenkanal-  
00469 verdichter, nicht betrieben werden sollte. Auch diese  
00470 untere Grenze kann durch entsprechende korrelierende  
00471 Strom- oder Leistungswerte ausgedrückt werden. Es er-  
00472 gibt sich insgesamt ein Feld, in welchem aufgrund der  
00473 dann bekannten Zusammenhänge praktisch beliebige Kennli-  
00474 nien gefahren werden können.  
00475  
00476 Ein solches Feld ist beispielhaft in Fig. 13 darge-  
00477 stellt. Hier ist wiederum der Volumenstrom über der  
00478 Druckdifferenz aufgetragen. Die Verhältnisse sind etwas  
00479 schematisiert dargestellt. Es ist eine erste Grenzli-  
00480 nie, Kurve G1, dargestellt, welche einer maximalen  
00481 Drehzahl entspricht, eine weitere Grenzlinie G2, welche  
00482 eine obere Stromgrenze darstellt, eine weitere Grenzli-  
00483 nie G3, welche der thermischen Grenze entspricht und  
00484 schließlich eine Grenzlinie G4, welche einer unteren  
00485 Betriebsgrenze entspricht (z.B. Pumpengrenze eines Ver-

00486 dichters). Beispielaft ist eine Verbraucherlinie V1  
00487 eingezeichnet.  
00488  
00489 Innerhalb der Grenzlinien G1 bis G4 kann das Feld belieb-  
00490 big gefahren und ausgenutzt werden. Aufgrund der erfin-  
00491 dungsgemäßen Regelung in Abhängigkeit des im Frequenzum-  
00492 richter gemessenen elektrischen Stroms bzw. der aufge-  
00493 nommenen elektrischen Leistung kann das gegebene Feld  
00494 praktisch beliebig ausgenutzt werden. Insbesondere  
00495 können auch Kurven oder Geraden für konstanten Volumen-  
00496 strom oder konstante Druckdifferenz gefahren werden.  
00497  
00498 Alle offebarten Merkmale sind erfindungswesentlich. In  
00499 die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der  
00500 Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Priori-  
00501 tätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhalt-  
00502 lich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser  
00503 Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit  
00504 aufzunehmen.  
00505  
00506

## 00507 A N S P R Ü C H E

00508

00509 1. Verfahren zur Regelung eines mittels eines Drehstrom-  
00510 motors angetriebenen Aggregates wie einer Pumpe oder  
00511 eines Verdichters, bspw. eines Seitenkanalverdichters,  
00512 mit Förderkennwerten wie Volumenstrom oder Druckdiffe-  
00513 renz, wobei dem Drehstrommotor ein Frequenzumrichter  
00514 vorgeschaltet ist und im oder nach dem Frequenzumrich-  
00515 ter eine Messung des elektrischen Stroms erfolgt, da-  
00516 durch gekennzeichnet, daß die gemessene Stromstärke zur  
00517 Einstellung eines Förderkennwertes herangezogen wird.

00518

00519 2. Verfahren nach Anspruch 1 oder insbesondere danach,  
00520 dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Strom über  
00521 den hierzu proportionalen Wert der elektrischen Lei-  
00522 stung erfaßt wird und die Leistung zur Einstellung des  
00523 Förderkennwertes herangezogen wird.

00524

00525 3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehen-  
00526 den Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekenn-  
00527 zeichnet, daß die Stromstärke bzw. die elektrische  
00528 Leistung in Abhängigkeit von einem Förderkennwert wie  
00529 einem Druckverlust oder einen Volumenstrom als Parame-  
00530 ter zur Einstellung eines Betriebspunktes eines Kennli-  
00531 nienfeldes oder zum Durchfahren einer gewünschten Kenn-  
00532 linie, in Abhängigkeit von der Frequenz, herangezogen  
00533 wird.

00534

00535 4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehen-  
00536 den Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekenn-  
00537 zeichnet, daß der gemessene Strom bzw. die gemessene  
00538 elektrische Leistung mit einem in Abhängigkeit von der  
00539 Aggregatleistung zulässigen maximalen Strom bzw. einer  
00540 maximalen elektrischen Leistung verglichen wird und daß  
00541 ein Überschreiten des jeweils zulässigen Stroms bzw.

00542 der jeweils zulässigen elektrischen Leistung unterbun-  
00543 den wird.

00544

00545 5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehen-  
00546 den Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekenn-  
00547 zeichnet, daß empirisch eine Stromkennlinie bzw. eine  
00548 Kennlinie der elektrischen Leistung in Abhängigkeit von  
00549 der Frequenz für einen Förderkennwert wie etwa eine  
00550 Druckdifferenz als Parameter ermittelt wird und daß  
00551 hiervon ausgehend gewünschte Betriebspunkte bei geänder-  
00552 tem Parameter durch eine Umrechnung der zugehörigen  
00553 Stromstärke bzw. der zugehörigen elektrischen Leistung  
00554 errechnet werden.

00555

00556 6. Umrichter zur Leistungsregelung eines mittels eines  
00557 Wechsel- oder Drehstrommotors angetriebenen Aggregates,  
00558 wie einer Pumpe oder einer Verdichters, bspw. eines  
00559 Seitenkanalverdichters, wobei in oder nach dem Frequenz-  
00560 umrichter eine Messung des elektrischen Stroms erfolgt,  
00561 dadurch gekennzeichnet, daß der Frequenzumrichter ein  
00562 Speicherelement aufweist, in welchem ein Zusammenhang  
00563 zwischen der Stromstärke und der Frequenz bzw. der  
00564 elektrischen Leistung und der Frequenz niedergelegt ist.

00565

00566 7. Umrichter nach Anspruch 6 oder insbesondere danach,  
00567 dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher ein EPROM oder  
00568 ein EEPROM ist.

00569

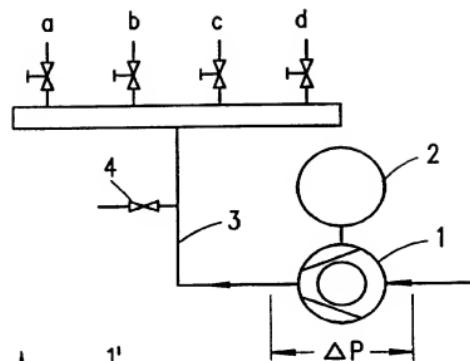
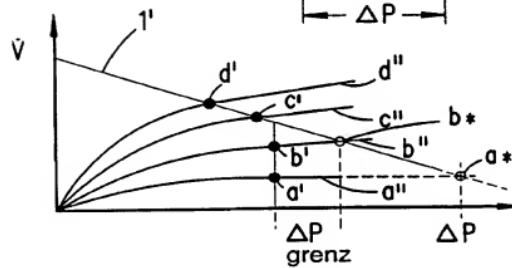
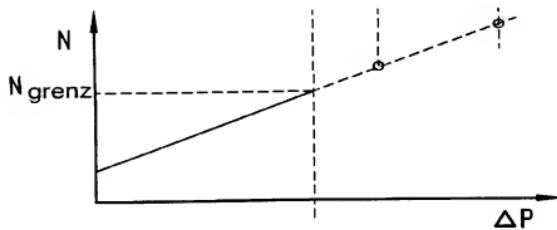
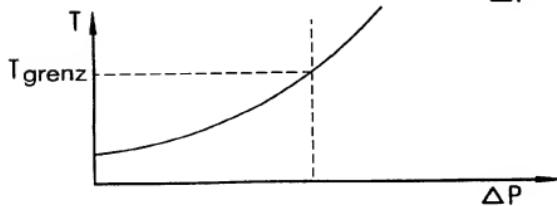
00570 8. Umrichter nach Anspruch 6 bis 7 oder insbesondere  
00571 danach, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher ein  
00572 Zusammenhang zwischen dem elektrischen Strom oder der  
00573 elektrischen Leistung und der Frequenz bezüglich eines  
00574 ausgewählten Parameters des Aggregates, wie bspw. der  
00575 Druckdifferenz oder dem Volumenstrom bzw. dem Massen-  
00576 strom, niedergelegt ist.

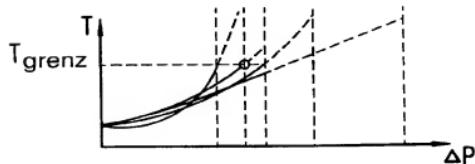
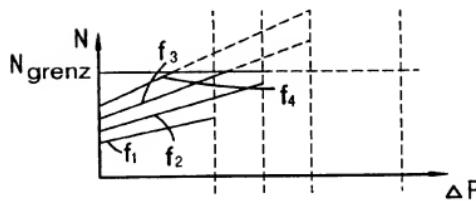
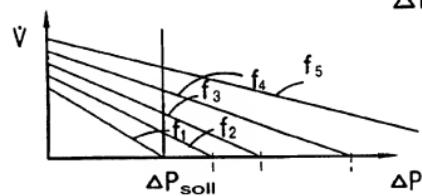
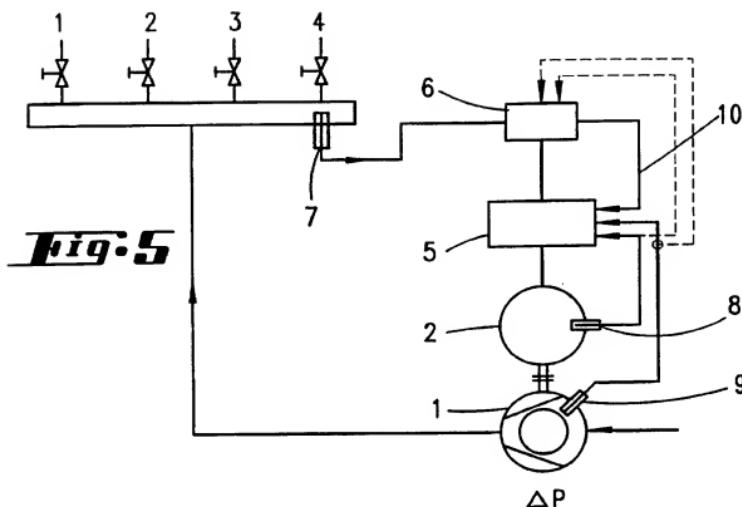
00577 9. Umrichter nach Anspruch 6 bis 8 oder insbesondere  
00578 danach, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher  
00579 Grenzwerte in Abhängigkeit einer maximal zulässigen  
00580 Temperatur und der Frequenz niedergelegt sind.

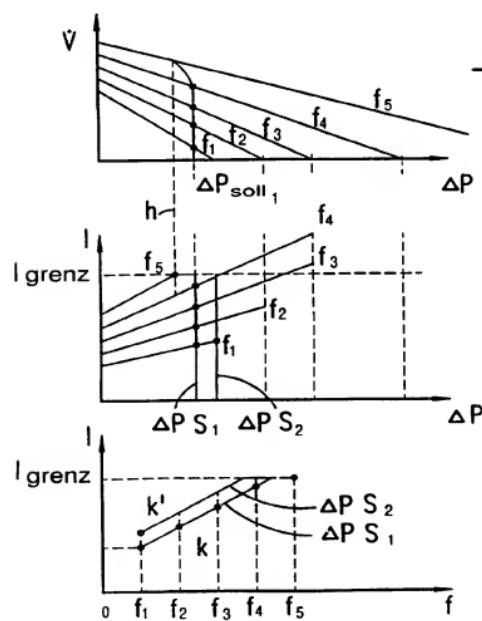
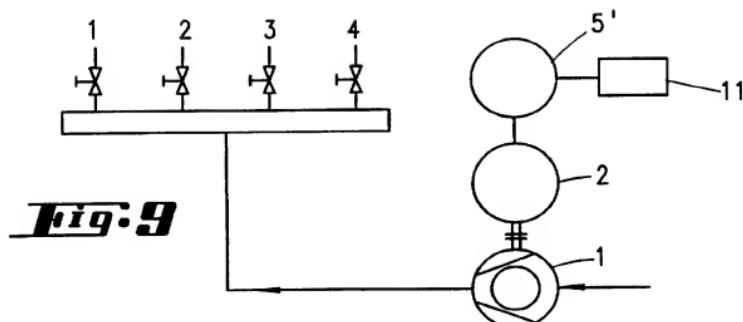
00581

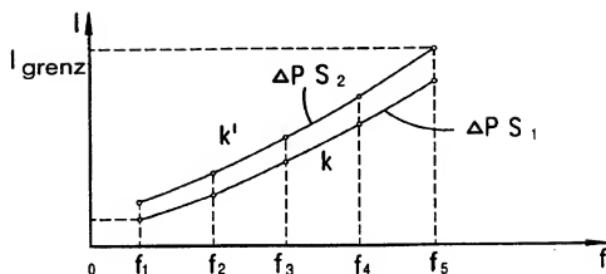
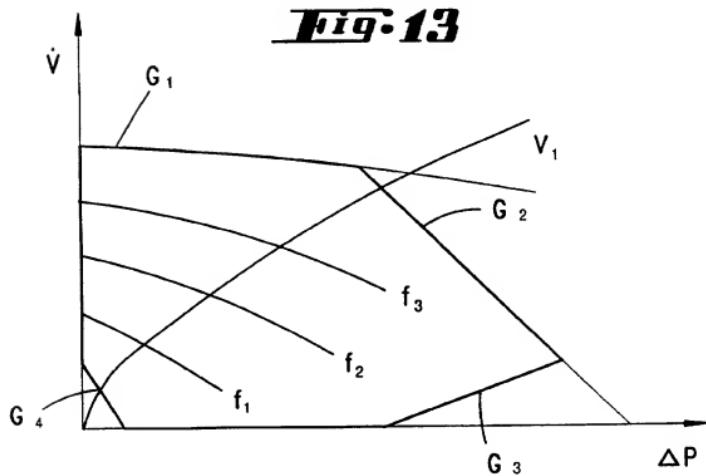
00582

00583

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4**





***Fig. 12 a******Fig. 13***

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 97/04041

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 F04D15/00 H02P7/628

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F04D H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 584 713 A (SMEDEGAARD AS) 2 March 1994	1,3
Y	see the whole document ---	6
Y	GB 2 190 519 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18 November 1987 see the whole document ---	6
X	DE 44 23 736 A (RUDIN FRANZ) 12 January 1995 see the whole document ---	1,3
A	EP 0 226 858 A (OPLAENDER WILO WERK GMBH) 1 July 1987 see the whole document ---	1,6
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search

14 November 1997

Date of mailing of the international search report

25/11/1997

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patenttaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intell. Jnl Application No  
PCT/EP 97/04041

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 38 24 057 A (LOEWE PUMPFABRIK GMBH) 25 January 1990 see the whole document -----	1
A	EP 0 644 333 A (EBARA CORP) 22 March 1995 see the whole document -----	1
1		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/04041

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0584713 A	02-03-94	DK 1293 A AT 155552 T DE 69312183 D	22-02-94 15-08-97 21-08-97
GB 2190519 A	18-11-87	JP 1961143 C JP 6083590 B JP 61018392 A AU 561053 B AU 4418385 A DE 3523818 A GB 2161298 A,B US 4738118 A US 4663942 A	10-08-95 19-10-94 27-01-86 30-04-87 09-01-86 09-01-86 08-01-86 19-04-88 12-05-87
DE 4423736 A	12-01-95	NL 9401137 A	01-02-95
EP 0226858 A	01-07-87	DE 3542370 A	04-06-87
DE 3824057 A	25-01-90	NONE	
EP 0644333 A	22-03-95	JP 7167085 A US 5563490 A	04-07-95 08-10-96

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Patentzeichen

PCT/EP 97/04041

A. KLASSEFIZIERTUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 F04D15/00 H02P7/628

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 F04D H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 584 713 A (SMEDEGAARD AS) 2.März 1994	1,3
Y	siehe das ganze Dokument ---	6
Y	GB 2 190 519 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18.November 1987 siehe das ganze Dokument ---	6
X	DE 44 23 736 A (RUDIN FRANZ) 12.Januar 1995 siehe das ganze Dokument ---	1,3
A	EP 0 226 858 A (OPLAENDER WILO WERK GMBH) 1.Juli 1987 siehe das ganze Dokument ---	1,6
A	DE 38 24 057 A (LOEWE PUMPFENFABRIK GMBH) 25.Januar 1990 siehe das ganze Dokument ---	1
		-/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den gegenwärtigen Stand der Technik definiert, wenn sie nicht als besonderes Bedeutung erachtet wird

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am ein oder nach dem internationale Anmeldeatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweckmäßig erscheinen zu lassen, oder durch die die Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die ein einanderhöherer Grund angegeben ist (wie ausführlich)

"V" Veröffentlichung, die sich auf eine minderjährige Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationale Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationale Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipiell oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mittlerer oder mehreren anderen Veröffentlichungen beruht, die zusammen mit der Erfindung verbunden wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"A" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschusses der internationalen Recherche

Abschließendes des internationalen Rechercheberichts

14.November 1997

25/11/1997

Name und Postanschrift der internationalen Recherchebehörde  
Europäisches Patentamt, P. B. 5818 Patentlens 2  
NL-2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Intern. Jnales Aktenzeichen

PCT/EP 97/04041

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 644 333 A (EBARA CORP) 22.März 1995 siehe das ganze Dokument -----	1

1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/04041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0584713 A	02-03-94	DK 1293 A AT 155552 T DE 69312183 D	22-02-94 15-08-97 21-08-97
GB 2190519 A	18-11-87	JP 1961143 C JP 6083590 B JP 61018392 A AU 561053 B AU 4418385 A DE 3523818 A GB 2161298 A,B US 4738118 A US 4663942 A	10-08-95 19-10-94 27-01-86 30-04-87 09-01-86 09-01-86 08-01-86 19-04-88 12-05-87
DE 4423736 A	12-01-95	NL 9401137 A	01-02-95
EP 0226858 A	01-07-87	DE 3542370 A	04-06-87
DE 3824057 A	25-01-90	KEINE	
EP 0644333 A	22-03-95	JP 7167085 A US 5563490 A	04-07-95 08-10-96

## (12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property  
Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
15 January 2004 (15.01.2004)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 2004/006416 A1**

(51) International Patent Classification <sup>7</sup> :	H02M 1/00	(74) Agent:	DANFOSS A/S; Patent Department, DK-6430 Nordborg (DK).
---	-----------	-------------	--

(21) International Application Number:

PCT/DK2003/000458

(81) Designated States (*national*): AM, AT, AU, BA, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EU, ES, FI, GB, GE, HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SK, TR, UA, US, VN, YU, ZA.

(22) International Filing Date: 2 July 2003 (02.07.2003)

English

(84) Designated States (*regional*): Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

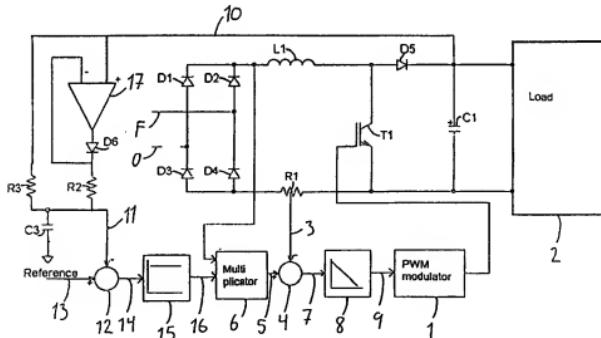
**Published:**

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

(30) Priority Data:  
PA 2002 01048 4 July 2002 (04.07.2002) DK

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: A POWER SUPPLY



(57) Abstract: The invention concerns a power supply comprising an electric converter, primarily for converting AC to DC. The converter comprises a self-induction, a rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, and preferably a capacitor. The control circuit controls the switch member on the basis of a reference and a measurement of a voltage at a given location in the power supply and comprises a filter with a first cut-off frequency for increasing voltage and a second cut-off frequency, different from the first cut-off frequency, for decreasing voltage.

WO 2004/006416 A1

**A power supply**

The present invention concerns a power supply comprising an electric converter, primarily for converting AC to DC, which converter comprises a self-induction, a rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, which controls the switch member on the basis of a reference and a measurement of a voltage at a given location in the power supply, a method for controlling a power supply, and the use of such a power supply for motor control.

For the current supply of many electrical devices, mainly devices connected by one phase to the mains, circuits are used, which correct the power factor, the so-called PFC circuits. When using such circuits, a substantially sine-shaped current can be drawn from the mains, that is, a current with a low content of harmonics, which today is required by standards. Further, with such a PFC-circuit, a power supply can be achieved, which is relatively independent of the supply voltage, so that with one and the same power supply a unit can be realized, which can be connected directly to different supply voltages, for example 110 V or 240 V, without requiring a switch action. An example of such a PFC-circuit can be found in US-B1-6,215,287, in which the PFC-circuit is based on a forward converter circuit in the form of a boost converter circuit.

In such boost converter circuits, as described in US-B1-6,215,287, a transistor is ON -OFF controlled with a switch frequency that is substantially higher than the mains frequency, for example 50 to 100 times higher than the mains frequency, which is typically 50 Hz or 60 Hz. When the transistor is ON, the current flows from the mains through a rectifier bridge, a self-induction and the transistor, so that energy is stored in the self-induction. When the transistor is OFF, the current flows from the mains through the rectifier bridge, the self-induction, a rectifier element in the form of a diode and a load. During this course, the current in the self-induction decreases, while supplying its energy to the load. To ensure that the load can always be supplied with the required instant power, independently of whether or not the transistor is ON, an inter-

- 2 -

mediary circuit capacitor is normally used, which is connected in parallel with the load.

5 The control of the transistor can, for example, be a pulse width modulation, as described in US-B1-6,215,287. The pulse width modulation is typically controlled by a cascade control, that is, a control comprising two loops.

10 One loop is a fast-controlling inner loop, which controls the current in the mains, for example, by controlling the current in the self-induction. This control can be made on the basis of a measuring resistor inserted at a suitable location in the circuit, for example between the rectifier bridge and the transistor emitter, or, as shown in DE-C1-33 13 124, in series with the self-induction. In this connection, it must be noted that it has no influence on the measurement that DE-C1-33 13 124 concerns a different type of forward converter. Alternatively, like in US-B1-6,215,287, a not clearly defined detection device can be used, which measures on the phase or the 0-conductor on the mains side of the rectifier bridge.

20 The second loop is a slow-regulating outer loop, which controls the output voltage of the circuit, that is, in practice, the voltage across the load including the conductors to the load. To obtain a sine-shaped current in the mains, the output signal from the outer control loop is multiplied by the instant value of the mains voltage, for example based on a measurement across the rectifier bridge output, and the result of this multiplication is used as a reference for the 25 inner control loop.

Further to this, a PFC-circuit can typically comprise compensation for variations on mains voltage and load, and monitoring functions for overload and overvoltage.

30

As mentioned, the inner control loop is fast-regulating, which, in this connection, means that it controls substantially faster than the mains frequency, but

- 3 -

still slower than the switch frequency of the transistor. Typically, this control is a fast I-control. In comparison, the outer control loop is slow, that is, substantially slower than the mains frequency. If this control is chosen too fast, it will equalise the ripple voltage, which will otherwise, due to the limited size of the

5 intermediary circuit capacitor, inevitably occur on the output voltage. This would cause that the input current is not sine-shaped, but distorted, and thus contains exactly the harmonics, which are to be avoided by using the PFC-circuit.

10 However, the PFC-circuits of the state of the art have certain disadvantages.

For example, a sudden drop in the load, for instance its disconnection, will give rise to a hefty overshoot of the output voltage. Such an excess voltage from an overshoot can cause an unwanted damage to the circuit components if these  
15 are not over-rated with regard to voltage, which would of course not be desirable for economic reasons, as this makes the components more expensive.

This problem is dealt with in US-B1-6,215,285, which proposes a solution, in which a low-pass filter with variable cut-off frequency is inserted in the control  
20 loop. However, this solution is unnecessarily complicated, as it requires adjustable filter functionality. Another problem is that instabilities may occur in the slow control loop, if the load contains disturbing frequencies, for example from an inverter, which is loaded by a motor. As it must be possible to vary the motor speed at random by means of the inverter, such a load may contain ran-  
25 dom frequencies. This is particularly a problem, if these motor related frequencies and the mains frequency, or multiples of these, are close to each other, so that low-frequent mixed frequencies occur. Such problems can be further ag-  
gravated by the fact that motors normally have inherent resonant frequencies, some of which may be low-frequent. These frequencies and the loading of the  
30 converter circuit influence on the ripple on the output voltage, which again influences on the voltage control circuit and gives rise to the instability men-  
tioned.

The traditional way of solving this problem is to use a relatively large, and thus expensive, intermediary circuit capacitor to isolate the mains and the load from each other with regard to control, and at the same time to keep the ripple of  
5 the voltage at an acceptably low level, which of course makes the circuit more expensive.

On the basis of the above, the task of the present invention is to provide a power supply as mentioned in the introduction, which is cost-effective, and  
10 which does not suffer from the problems mentioned above with regard to stability and voltage overshoot.

According to a first aspect of the present invention, this task is solved by a power supply comprising an electrical converter for converting AC to DC, said  
15 converter comprising a self-induction, a rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, which controls the switch member on the basis of a reference and a measurement of a voltage at a given location in the power supply, the power supply being characterised by comprising a filter with a first cut-off frequency for an increasing voltage and a second cut-off frequency,  
20 which is different from the first cut-off frequency, for a decreasing voltage.

According to a second aspect of the present invention, the task is solved by a method for controlling a power supply comprising an electrical converter, primarily for converting AC to DC, the converter comprising a self-induction, a  
25 rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, and preferably a capacitor, said method comprising control of the switch member by means of the control circuit on the basis of a reference and a measurement of a voltage at a given location in the power supply, which method is characterised by a filtering of the signal in the control circuit by means of a filter with a first cut-off frequency at an increasing voltage and a filtering of the signal in the  
30 control circuit by means of a filter with a second cut-off frequency, which is different from the first cut-off frequency, at a decreasing voltage.

When selecting suitable cut-off frequencies, it is thus achieved that the control of voltage increases is faster than that of voltage drops, so that the undesired voltage overshoots are reduced without causing the circuit to attempt removing  
5 the ripple voltage.

According to a third aspect of the invention, the power supply is used as a motor control, meaning that the above-mentioned problems with regard to disconnection and low-frequent mixed frequencies are overcome.

10 According to a preferred embodiment of the invention, the power supply is made so that both the first cut-off frequency and the second cut-off frequency are fixed. This gives the advantage that the filter can be realized by means of simple components, for example, merely a diode, two resistors and a capacitor.  
15 tor.

These simple components are also comprised in a further preferred embodiment, according to which the measurement of the voltage at the given location in the power supply is made by means of a voltage measuring circuit and that  
20 the filter is realized with different time constants in this voltage measuring circuit.

In an advantageous variant of this embodiment, the different time constants in the voltage measuring circuit are realized in the form of an RC-link comprising  
25 at least one capacitor and two parallel-connected resistors, a diode being connected in series with at least one of the parallel-connected resistors.

Particularly advantageous is an embodiment, in which the diode is part of a circuit for realising an ideal diode. Hereby it is achieved that the cut-off frequency is not influenced by the size and the speed of the voltage increase.  
30

In another preferred embodiment, the converter comprises a boost converter circuit, which is an inexpensive and simple way of realising the converter circuit.

5 In the following, the invention will be explained in detail by means of examples of embodiments of the invention with reference to the drawings, showing:

Fig. 1 a schematic view of a first embodiment of a power supply according to the invention,  
10 Fig. 2 a schematic view of a partly digital, second embodiment of a power supply according to the invention,  
15 Fig. 3 a flowchart schematically showing examples of the digital control in the embodiment according to Fig. 2

Fig. 1 is a schematic view of a substantially analogue embodiment of the invention. The power supply circuit is supplied with single-phase AC from the inlets F and O. A bridge rectifier D1-D4 rectifies the AC. The circuit comprises  
20 a pulse-width modulator 1, which controls a transistor T1 to be conducting and blocking with a switch frequency that is substantially higher than the mains frequency, for example 50 to 100 times higher than the mains frequency, which is typically 50 Hz or 60 Hz. When the transistor T1 is conductive, the current flows from the mains through the rectifier bridge D1-D4, a self-induction L1 and the transistor T1, so that energy is stored in the self-induction L1. When  
25 the transistor T1 blocks, the current from the mains flows through a rectifier bridge D1-D4, the self-induction L1, a rectifying element D5 in the form of a diode and a load 2. During this, the current through the self-induction L1 drops, while it supplies its energy to the load 2. In order to ensure that the load will  
30 always receive the required instant power, no matter whether or not transistor T1 is conductive, an intermediary circuit capacitor C1, connected in parallel with the load 2, is inserted in the circuit.

Control loops are used for controlling the pulse-width modulator 1. One loop is a fast-controlling inner loop, which controls the current in the mains, for example by controlling the current in the self-induction. This control takes place on

5 the basis of current measuring derived from a voltage measuring over a measuring resistor R1, which is inserted between the rectifier bridge D1-D4 and the emitter of the transistor T1. This current measuring in itself is known state of the art, and can of course be made at any suitable location in the circuit and in any manner known. For example, as mentioned above in connection with the

10 state of the art.

The voltage signal 3 corresponding to the voltage measurement is supplied to a subtraction node 4, where it is subtracted from the output signal 5 from a multiplication device 6. The resulting signal 7 is filtered in a low-pass filter 8, so

15 that a filtered signal 9 is obtained, which controls the pulse-width modulator 1, which again controls the transistor T1.

The second loop is a slow regulating outer loop, which controls the output voltage of the circuit. In the present embodiment of the invention, this voltage

20 is measured across the capacitor C1, in the form of a voltage signal on the conductor 10. This signal is filtered through an RC-link comprising a capacitor C3 and two parallel-connected resistors R2 and R3, a diode D6 being arranged in series with the resistor R2. The output signal 11 from this RC-link is subtracted from a reference signal 13 in a subtraction node 12. The reference

25 signal 13 indicates the nominal output voltage to be supplied by the circuit, for example the 110 V or 240 V mentioned in the introduction. According to need, the output signal 14 from the subtraction node 12 can be scaled in a scaling device 15 to obtain an output signal 16 from the outer control loop. In order to achieve a sine-shaped current in the mains, output signal 16 from the outer

30 control loop is multiplied by a signal representing the curve shape of the mains voltage, for example as shown on the basis of a measuring across the output of the rectifier bridge D1-D4, and the result of this multiplication, which is sup-

- 8 -

plied as the output signal 5 from the multiplication device 6, is used as reference for the inner control loop.

The RC-link, which comprises a capacitor C3 and two parallel-connected resistors R2 and R3, a diode 6 being arranged in series with the resistor R2, serves the purpose of providing two different time constants, one for increasing voltage on conductor 10 and one for decreasing voltage on conductor 10, that is, it provides a low-pass filter with two different cut-off frequencies, depending on whether the control circuit must control an increasing or a decreasing output voltage for the circuit.

This is achieved in that a diode D6 is connected in series with one of the two parallel-connected resistors R2 and R3, in the present case R2. If the voltage on the conductor 10 increases, the diode 6 will conduct, and a charging current will run through both parallel-connected resistors R2 and R3 to the capacitor C3. If, on the other hand, the voltage on the conductor 10 drops, the diode D6 will block, so that the capacitor is only discharged through the resistor R3. As the total resistance of the parallel connection of the resistors R2 and R3 is lower than the resistance of R3 alone, the capacitor of the RC-link will thus see a lower time constant for increasing voltage than for decreasing voltage on the conductor 10.

Preferably, the values of the resistors R2 and R3 have been chosen so that R3 is in the range of 100 times larger than R2, which ensures a sufficient difference between the two time constants.

Thus, the compensation of the circuit for increasing voltages is faster than that for decreasing voltages, which mainly causes that the damaging and thus unwanted overvoltages can be regulated away faster. In a simple manner, this provides the desired filtering with two substantially fixed cut-off frequencies.

In order to compensate the conduction voltage drop over the diode D6, which will influence the time constant of the RC-link, particularly during slow voltage increases on the conductor 10, it is advantageous to use an ideal diode coupling with an operation amplifier 17, as shown in Fig. 1.

5

In this connection, it must also be mentioned that, according to an embodiment not shown, the two different time constants can also be achieved by using two oppositely polarised diodes arranged in series with the respective resistors R2 and R3. This means that in series with the resistor R3 is inserted a diode, 10 whose polarisation is opposite to that of the diode D6, which is arranged in series with R2 in Fig. 1.

Fig. 2 shows a second embodiment of the invention, in which the control circuit is digitally implemented in, for example, a microprocessor or a digital signal processor, as suggested with a dotted line. For better understanding, corresponding elements in Fig. 1 and Fig. 2 have the same reference symbols. The control circuit comprises a multiplexer 21, which combines the output voltage signal 10, the voltage-measuring signal 3 and the signal representing the curve shape of the mains voltage to a common signal 22. This signal 22 is supplied to an analogue/digital converter 23, in which it is converted to a digital signal 24 for use with a calculating unit 25. Based on this digital signal 24, the calculating unit 25 calculates a signal 29, which controls the pulse-width modulator 1, which again controls the transistor T1.

25 Fig. 3 shows an example of a control algorithm, which can be used by the calculating unit 25. This algorithm can be stored in a memory 26 in connection with or integrated in the microprocessor or the digital signal processor. This memory can be RAM, ROM or, in principle, any suitable memory medium.

30 The mode of operation of the algorithm shown in Fig. 3 will be explained in the following. The algorithm, which is iterative, starts in a step 100. Then, in a step 101, the calculating unit 23 awaits the next pulse-width modulated pulse and

- 10 -

then, in step 102, reads a  $U_{DC}$ , which is a variable representing the actual output voltage on the conductor 10. In the step 103, the calculating unit then compares with the voltage value represented by the variable  $U_{DC1}$ , which the pulse-width modulator is presently set to supply. If the measured value, represented by the variable  $U_{DC}$ , is larger than  $U_{DC1}$ , a new value for  $U_{DC1}$  is calculated in the step 104. If, however,  $U_{DC}$  is smaller than or equal to  $U_{DC1}$ , the new value for  $U_{DC1}$  is calculated in the step 105. In this connection it must be noted that in the case, where  $U_{DC}$  is equal to  $U_{DC1}$ , the calculation of the new  $U_{DC1}$  can take place in any of the steps 104 or 105, as both calculations will continue to give the same value of  $U_{DC1}$ , namely equal to  $U_{DC}$ . After calculation in step 104 or 105, the new value of  $U_{DC1}$  is sent to a step 106 as control signal for the pulse-width modulator 1, which controls the transistor T1.

The calculation of the new value of  $U_{DC1}$  takes place in the two steps 104 and 105 with two different weightings x and y, so that  $U_{DC1}$  approaches  $U_{DC}$  with two different speeds, depending on whether  $U_{DC1}$  is larger than  $U_{DC}$  or not.

In the above, the present invention has been described on the basis of an analogue embodiment and a digital embodiment, respectively. However, it is understood that the embodiments described are merely illustrating examples, and that, within the frames of the claims, many other analogue and digital embodiments and combinations thereof can be imagined.

Further, the expert will understand that other types of converter circuits than the described forward-converter of the boost type can be used, for example SEPIC-converters (Single Ended Primary Inductance Converter), and also that other modulation forms than the described pulse-width modulation can be used.

Patent Claims

1. Power supply comprising an electric converter, primarily for converting AC to DC, which converter comprises a self-induction, a rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, which controls the switch member on the basis of a reference and a measurement of a voltage at a given location in the power supply, **characterised in** that the control circuit comprises a filter with a first cut-off frequency for an increasing voltage and  
5 a second cut-off frequency, which is different from the first cut-off frequency, at a decreasing voltage.
2. Power supply according to claim 1, **characterised in** that both the first cut-off frequency and the second cut-off frequency are invariable.  
15
3. Power supply according to claim 1 or 2, **characterised in** that the measurement of the voltage at the given location in the power supply is made by means of a voltage measuring circuit and that the filter is realized with different time constants in this voltage measuring circuit.  
20
4. Power supply according to claim 3, **characterised in** that the different time constants in the voltage measuring circuit are provided in the form of an RC-link comprising at least one capacitor and two parallel-connected resistors, a diode being arranged in series with at least one of the parallel-connected resistors.  
25
5. Power supply according to claim 4, **characterised in** that the diode is part of a circuit for realising an ideal diode.
- 30 6. Power supply according to any of the claims 1 to 5, **characterised in** that the converter comprises a boost-converter.

- 12 -

7. Application of a power supply according to any of the preceding claims for motor control.
8. Method for controlling a power supply comprising an electric converter,  
5 primarily for converting AC to DC, the converter comprising a self-induction, a rectifier element and a switch member controlled by a control circuit, and preferably a capacitor, said method comprising the control of the switch member by means of the control circuit on the basis of a reference and a measurement of the voltage at a given location in the power supply, characterised in that the method comprises a filtering of the signal in the control circuit by means of a filter with a first cut-off frequency at increasing voltage and a filtering of the signal in the control circuit by means of a filter with a second cut-off frequency at decreasing voltage, whereby  
10 the second cut-off frequency is different from the first cut-off frequency,

15

1/3

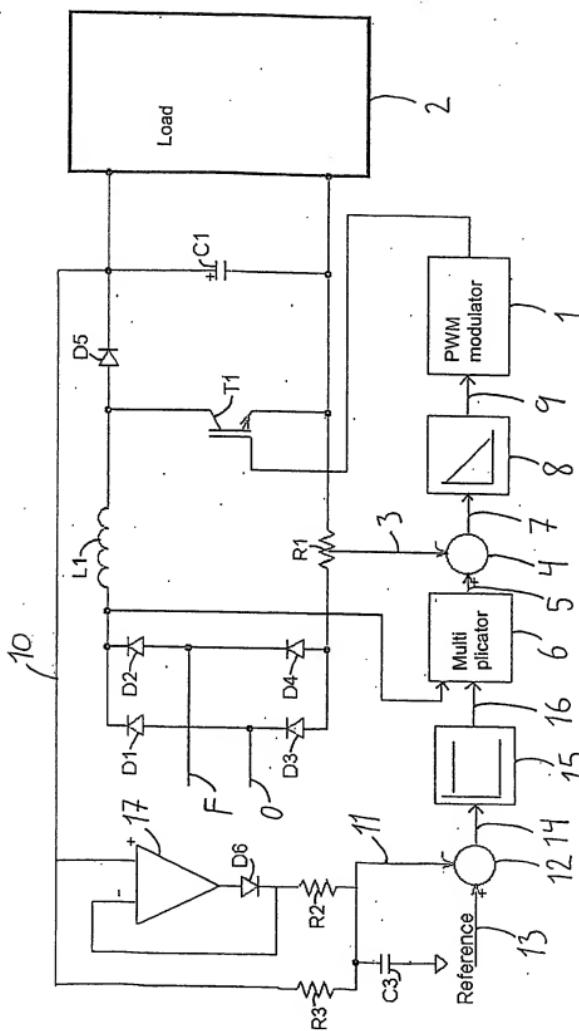


Fig. 1

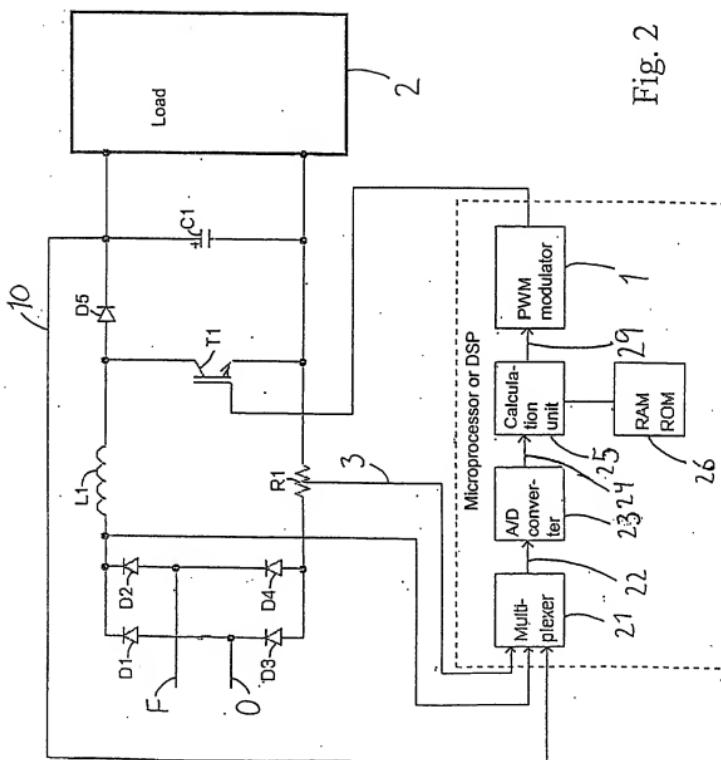


Fig. 2

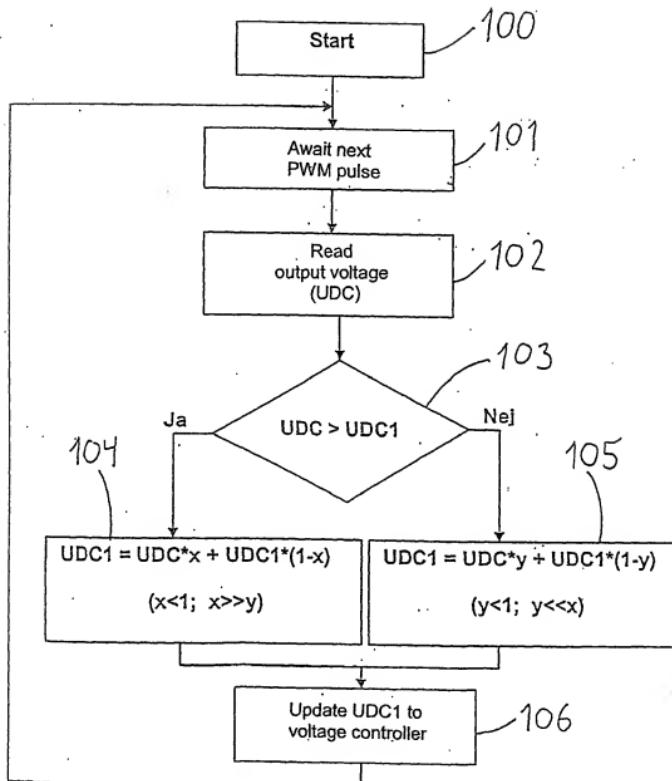


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DK 03/00458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02M1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 610 451 A (SYMONDS NEIL S) 11 March 1997 (1997-03-11) the whole document -----	1
A	US 5 847 942 A (BAZINET JOHN P ET AL) 8 December 1998 (1998-12-08) the whole document -----	1
A	US 6 215 287 B1 (OGAWA MASANORI ET AL) 10 April 2001 (2001-04-10) the whole document -----	1

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but considered to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other prior documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 October 2003

Date of mailing of the international search report

03 NOV 2003

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

MAGNUS WESTÖÖ/MN

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DK 03/00458

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5610451	A 11-03-1997	EP	0777310 A2	04-06-1997
US 5847942	A 08-12-1998	NONE		
US 6215287	B1 10-04-2001	JP CN	2000324810 A 1274191 A	24-11-2000 22-11-2000

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization International Bureau



(43) International Publication Date  
14 October 2004 (14.10.2004)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 2004/088694 A1

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: H01H 13/70, (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/DK2004/000229

(22) International Filing Date: 1 April 2004 (01.04.2004)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: PA 2003 00507 3 April 2003 (03.04.2003) DK

(71) Applicant (for all designated States except US): DANFOSS DRIVES A/S [DK/DK]; Ulvsnes 1, DK-6300 Grasten (DK).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): SCHMIDT, Steffen, Haslund [DK/DK]; Istedvej 41, DK-6400 Sønderborg (DK).

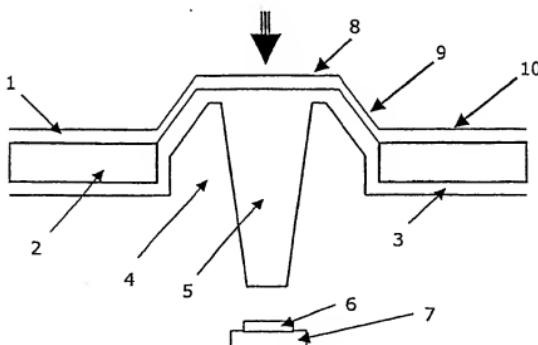
(74) Agent: NISSEN, Georg; c/o Damfoss A/S, Patentabteilung, DK-6430 Nordborg (DK).

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:  
— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: A COVER FOR A PUSH BUTTON SWITCH



(57) Abstract: A cover and a method of making a cover for a push button switch. A frame and a key for switching the push button switch are moulded directly onto a flexible layer forming an outer surface of the cover. The flexible layer shields the key and the associated push button switch from dust and water and the frame shields against rough handling. Since the frame is joined to an inner surface of the flexible layer, it also supports the flexible layer when the layer is deformed during switching of the switch. When the frame, the key and the flexible layer is moulded together, tightness of the cover can be maintained even if one of the parts is perforated, e.g. the outer flexible layer is scratched during rough handling of the covered switch.

WO 2004/088694 A1

**A COVER FOR A PUSH BUTTON SWITCH****Introduction**

The present invention relates to a cover, a housing and a method of making a cover for shielding a push button switch or a number of switches arranged e.g.

5 in a keypad. In particular, the invention relates to a cover allowing operation of an associated switch through the cover and which exhibits resistance against rough handling as well as penetration of dust and water, and which thus protects the switch and associated electronic components shielded by the cover.

**10 Background of the Invention**

In a conventional keypad, dome switches or similar keys are brought into contact with switching contact points, e.g. arranged in a printed circuit board.

Since the functioning of the switch is highly dependent on a direct contact between dry and clean contact points, it is in general desired to protect

15 switches and associated electronic components from rough, wet and dusty environments. At the same time, it is often desired to provide direct access to switching operations without preceding removal of covers etc.

Covers which shield keypads and allow operation of keys through the cover

20 exist. The known covers are typically made from a flexible foil material arranged in a frame to cover one or more switches arranged below the frame.

When a covered switch is operated, the foil material is pressed into contact with a switching key and further down until contact is made between the contact points. As long as the foil is new and flexible, it may provide an

25 acceptable shielding of associated switches against the environment. During use it may, however, happen that the foil is ruptured, e.g. due to rough handling of the switch and over time most flexible foils becomes less flexible or even brittle, in particular when subjected to sunlight or moist. Accordingly, the operation of the associated switches becomes more difficult and the risk of  
30 rupturing the foil increases.

Often, a symbol visualising a function associated with a specific switch is printed either directly onto a key for switching that switch, or onto a foil covering that key, e.g. below the foil or onto the top of the foil, i.e. facing either 5 the switching key or the operator. Unfortunately, such prints tend to be rubbed off either by the repeated contact between the foil and the switching key or by the repeated contact between the finger of an operator and the foil.

In US 6,423,171 a keypad for a portable telephone and the manufacturing 10 method thereof is disclosed. According to this method, characters are printed on a transparent, planar film which is subsequently formed into a shape comprising a plurality of depressions by a pressing process. The depressions are filled with liquid silicone rubber and the silicone rubber is subsequently 15 formed into a keypad in a metal mould. In order to avoid difficulty of operation due to the hardness of the film, slits 10 are formed around each key on the film, c.f. US 6,423,171 col. 3, lines 11-15 and Figs. 2C, 2D. Due to the slits, the 20 switching contacts are only protected from the environment via the relatively thin single layer of a silicone material. US 6,423,171 discloses a front housing 22 protecting the front of the film. However, due to the arrangement of the front 25 housing in front of the keys in a key pushing direction, the thin layer of a silicone material remains unsupported in the direction of the push button pushing. As a consequence thereof, repeated use of the keypad may over time lead to fractures in the silicone material, thus jeopardizing the functioning of the switch.

25 In the Japanese publication, JP 11126536 A2, a cover member for a push button is disclosed wherein switching contacts 11, 22 are brought into contact by a movable projected part 42 formed by a silicone rubber composition by compressive moulding. In JP 11126536 A2, the switches are protected merely 30 by the projected part 42, i.e. by one single component made from a silicone material, and any rupture in this frequently depressed and thus deformed component, will cause access from the ambient environment to the contacts.

Moreover, the movably projected part in JP 11126536 is unsupported in the direction of the pushing whereby the pushing of a single button will cause a deflection of the entire part 42 with a resulting higher risk of wear and a reduced protection of the switch.

5

German utility model application No. 296 13 811 U1 discloses a cover for a push button switch comprising an elastic foil, which covers an outer housing with a recess, in which there is arranged a key element for transmitting a switching force to a switching element arranged inside an inner housing. The 10 outer housing is joined to an inner surface of the flexible foil. The key element forms an integrated part of the inner housing, the key element and the inner housing thus being manufactured as one separate part. One disadvantage of the cover of DE 296 13 811 U1 is that the switching element is only protected from contamination, such as dust or water, by the elastic foil. As the foil 15 deforms at every single depression of the key element, it is subject to substantial wear, which may cause fractures, which in turn comprise protection of the switching element and other electronic equipment associated with the switch. Protection is also compromised, if the foil does not adhere properly to the outer surface of the outer housing, even if no fractures exist in the foil itself.

20 **Description of the invention**

It is an object of the present invention to provide a cover and a housing which provide enhanced protection of a switch and other electronic components. It is a further object to provide a manufacturing method for the cover. Accordingly, the present invention, in a first aspect, relates to a cover for a push button 25 switch, said cover comprising:

- a flexible layer with an inner surface and an opposite outer surface, the outer surface forming an outer surface of the cover,
- a supporting frame having a recess allowing the flexible layer in a switch activation area to be deformed into the frame, the supporting frame 30 being joined to the inner surface of the flexible layer, and

- a key element arranged at least partly in the recess for transferring, to an associated switch, a key switching force applied to the outer surface of the flexible layer in the switch activation area,

characterized in that the key element is joined tightly to the inner surface of the

5       flexible layer and to the supporting frame to form one single component.

The joining of the key element tightly to the inner surface of the flexible layer and to the supporting frame to form one single component result in a particular water and dust proof cover. At the same time, since the supporting frame is joined to an inner surface of the flexible layer, a cover structure is formed

10      wherein the flexible layer is supported by a frame in a switch pushing direction. Due to the support of the flexible layer in this direction, excessive deformation of the flexible layer is avoided, and accordingly, an enhanced lifetime of the cover and protection of the associated switch can be expected.

15      In the following description, the outer surface of the cover or of parts of the cover describes a surface facing outwardly towards the user of the covered switch, whereas the inner surface of the cover or of parts of the cover describes a surface facing inwardly towards the switch and other electronics being shielded by the cover.

20      The flexible layer could be made from a sheet of a foil material, e.g. a flexible plastic material with a thickness in the range of 0,1-0,5 mm such as in the size of 0,25 mm. The supporting frame could be made from a relatively hard plastic material, e.g. from Bakelite or from a similar hardening plastic material or from

25      a hard thermoplastic material or even from a metal alloy, e.g. aluminium or steel. Moreover, the supporting frame could be made from a composite material, e.g. glass- or carbon fibre reinforced polyester or epoxy. The recess could be formed e.g. as a through hole in the frame. The recess is arranged under the switch activation area of the flexible layer and it is therefore possible

30      to depress the flexible material in this area. Pressing against the flexible layer in the switch activation area, causes the flexible layer to deform into the recess or through hole of the frame. It is therefore possible to depress a key element

arranged under the flexible layer in the switch activation area and thus to activate an associated switch.

The key element could be arranged in the recess or through hole of the frame

5 and preferably in direct contact with the inner surface of the flexible layer. The key element could in fact have any shape as long as it allows deformation caused by depression of the flexible layer to be transferred to an associated switch. The key element could be made from a hard or a resilient material. If the key element is made from a hard material, it must be allowed to slide in the

10 recess or through hole of the frame. A pressure applied to the switch activating area is transferred by deformation of the flexible layer to the key element whereby the key element shifts downwardly and activates the switch. If, on the other hand, the key element is resilient, e.g. made from a relatively soft rubber or silicone material, it could be fixated, e.g. adhesively, to the frame, e.g. to the

15 edges of the recess or through hole of the frame. If the switch activation area is depressed, the flexible layer deforms into the recess or through hole of the frame. This will cause the key element, which is arranged in the recess or through hole of the frame, to deform in an inward direction and thus to activate an associated switch. In other words, the activation of the switch occurs due to

20 a deformation of resilient material of the key element and the element itself remains in fixed contact with the frame. If depression of the switch activation area causes a major deflection of the entire cover, repeated use may damage the cover over time. Accordingly, the frame may advantageously be made from a material which is relatively inflexible compared with the flexibility of the key

25 element and preferably, the frame is made from a hard material such as Bakelite or steel etc.

The key element is advantageously fixed, e.g. adhesively, to the inner surface of the flexible layer under the switch activation area thereof. In this way,

30 repeated sliding and rubbing between the inner surface of the flexible layer and the key element occurring when the switch activation area is depressed, is avoided.

The joining of the key element to the inner surface of the flexible layer and to the frame, respectively, can be performed in a combined moulding and assembling process wherein the key element is moulded directly into the

- 5 recess or through hole of the frame and onto the inner surface of the flexible layer. When the key element is joined tightly to the frame, the cover can remain water and/or dust proof even if the flexible layer is damaged. In order further to improve the tightness of the cover, the cover and the flexible layer may be joined completely tight to each other. Again, this joining may efficiently be
- 10 achieved by moulding the frame directly onto the flexible layer. In summing up the production process, the cover could be made by arranging a flexible layer, e.g. a sheet of a foil material in a cavity of a tool for injection moulding. In a first injection, the frame is formed directly onto the inner surface of the sheet. Subsequently, in a second injection, e.g. in another cavity of the same injection
- 15 moulding tool, the key element is moulded inside the recess or through hole of the frame and directly onto the inner surface of the sheet.

In order further to improve the water and/or the dust tightness of the cover, the key element could be comprised in an inner resilient layer joined to an inner

- 20 surface of the supporting frame. As an example, the key element could be formed as a bulge on a resilient mat, e.g. made from rubber or silicone and adhered or moulded directly to the inner surface of the frame. Preferably, the mat is made in a dimension so that it covers the entire inner surface of the supporting frame. Naturally, the mat with the integrated key element could be
- 25 formed in one and the same injection in a tool for injection moulding.

In order to allow a light source arranged below the cover to shine through selected areas of the cover, the flexible layer and/or the supporting frame could be made from an at least substantially transparent material, e.g. a coloured

- 30 and yet transparent material. If the key element is comprised in a mat which covers substantially the entire inner surface of the frame, it may also be an advantage to provide the key element and mat in a transparent material.

However, in some applications it is rather desired to be able to control precisely where light is allowed to shine through the cover, and in that case, a non-transparent inner mat and key element may be used to mask off areas which on the outer surface should remain without any light shining through.

5       The cover could be provided with various decorations, e.g. characters and/or symbols which are indicative for certain functions related to a switch. If the frame, and/or the flexible layer and/or the mat and key element is provided in a transparent material, the decoration may comprise a layer of a non-transparent  
10      ink covering substantially the entire inner surface of one of either the flexible layer, the frame and/or the mat. The best result is achieved by applying the ink as close as possible to the outer surface of the cover, i.e. to the flexible layer. However, in order to avoid the ink in being washed or rubbed off over time, the ink may advantageously be applied to the inner surface of the flexible layer  
15      before the frame and key element is joined therewith. In areas wherein it is desired to have light shining through the cover, e.g. in an area around or in the switch activation area, the flexible layer, the frame and/or the mat could be masked off prior to the application of the ink to leave this area free from the ink. Alternatively, applied ink can be removed subsequently, e.g. by use of a laser  
20      technique wherein the paint is burned off in a specific pattern. The ink, i.e. the decoration may also be at least substantially transparent, e.g. coloured in a specific colour, thus allowing light to shine through the cover and to form a decoration via a colour pattern.

25      In order to allow a user more easily to find the switch activation area, the flexible layer may be made with an embossed mark forming an elevation of a part of the outer surface, e.g. in an area around the switch activation area, or the entire switch activation area can be marked as an elevated or depressed area. Moreover, such an embossed mark may support a more precise  
30      arrangement of the flexible layer in the cavity of a tool for injection moulding. In the cavity of the tool, a depressed mark corresponding to the embossed mark in the flexible layer is made. When the flexible layer is arranged in the cavity of

the tool, the embossed mark is arranged in the depressed mark of the tool. It is therefore ensured, that the flexible layer is arranged with the switch activation area exactly at the spot where the recess or through hole of the frame is formed, i.e. at the spot where a core or similar arrangement of the tool prevents

5     the frame from being formed onto. Accordingly, it may be an advantage to emboss the mark into a sheet of a foil material prior to the moulding of the frame and/or the key element thereon.

In order to support the assembling of the cover onto a casing for housing the

10    switch and other electronic components, the supporting frame may be formed to define a peripheral rim portion in the shape of a flange. In that case, the mat formed by a resilient rubber material may advantageously extend through openings in the flange to form a seal extending along an outer surface of the flange.

15    According to one embodiment of the invention, the flexible layer and/or the frame, and/or the resilient layer comprise(s) a conductive material forming a shield against electrical noise. The conductive material could consist of fibres of metal suspended in the plastic material used for the moulding of e.g. the

20    frame or mat and key element.

According to a second aspect, the present invention relates to a housing for a push button switch, said housing comprising a cover according to the description above, and a casing. Any of the first aspects described for the

25    cover applies also for the housing and, in particular, the housing may comprise light emitting means arranged to illuminate an inner surface of the cover.

According to a third aspect, the present invention relates to a method of making a cover for a push button switch, said method comprising the steps of:

30

- arranging a sheet of a foil material in a cavity of a tool of an injection moulding machine,

- in a first injection, moulding a supporting frame onto a first side of the sheet, leaving a switch activation area of the sheet free,
- in a second injection, moulding a key element onto the switch activation area of the sheet.

5

Any of the first aspects described for the cover applies for the method of making a cover, in particular, the key element could be moulded in a material which, after curing, becomes relatively hard compared to the material of the supporting frame, and in particular, it is an advantage to perform the first and 10 second injection successively within a very short time-period, e.g. within 10-100 seconds, such as within 50 seconds. Thereby, it is possible to mould the supporting frame and the key element, optionally with a mat covering substantially the entire inner surface of the frame, into one single component without any well defined transition between the two parts and therefore with a 15 superior tightness against dust and water. Moreover, it is an advantage to print an image onto the first side of the sheet, the image being visible from an opposite second side of the sheet, i.e. the sheet is at least partly transparent.

The above description of the first, second and third aspects of the invention is 20 based on a cover for a single switch. However, the invention is not limited to a cover for a single switch and all aspect may be applied for a cover for a plurality of switches, e.g. for a keyboard or a keypad or the cover may be applied in general for any control panel, e.g. of an industrial machine application.

#### 25      **Detailed description of the invention**

In the following, a preferred embodiment of the invention will be described in further details with reference to the drawing in which:

Fig. 1 shows a cross sectional view of cover according to the present invention 30 and an associated switch,

Fig. 2 shows a cross sectional view with indication on the application of ink to form decoration of the cover, and

Fig. 3 shows a perspective view of the cover and switch.

5 Fig. 1 shows a cross-sectional view of the switch in which a flexible layer 1 is joined to a frame 2. A key element 5 is arranged in the opening 4 of the frame. The key element is preferably made from a flexible material which allows the element to be pushed into contact with the associated switch 6, 7, when the

10 switch activation area 8 of the flexible layer is depressed. The switch activation area is elevated in respect of the outer surface 10 of the flexible layer. The elevation supports the user in finding the depressable point on the outer surface of the cover. Moreover, the elevation or similar embossed mark facilitates easy orientation of the cover during the manufacturing thereof.

15 Manufacturing will be described in further details later. In the chamfered transition between the surface 10 and the elevated area 8, the switch activation area can be clearly highlighted, e.g. by the application of a colour mark along this edge, e.g. a phosphorescent or fluorescent mark or by illuminating the edge by light from a light source arranged below the cover, e.g.

20 circumferentially around the switch. The flexible layer 1 and the frame 2 may preferably be made in a substantially transparent material allowing light to pass through the cover at least on pre-specified spots thereof. The flexible layer can preferably be made from a foil of a plastic material such as PVC, PU, PE or more specifically, such as Bayfoil CR6-2 from Bayer, e.g. in the thickness of

25 0,25 mm. The Frame could be made from a relatively hard plastic material, e.g. Bakelite or from Polycarbonat Makrolon 6555. This material can be moulded at approximately 210 °C. The key element may as visualized in Fig. 1, fill out the opening 4 of the frame and extend along the lower surface thereof. In that way, the key element forms an inner liner which further improves the isolation of the

30 switch from the environment. The key element could be made of a rubber material, e.g. a soft rubber material, e.g. TPE TC5 MCA kreiburg Shore 60 A, e.g. in a black colour. This material can be moulded at approximately 120 °C.

The Polycarbonat Makrolon 6555 and the materials are characteristic in that they support a particular good bonding of the key element material (TPE TC5 MCA Kreiburg Shore 60) to the frame material (Polycarbonat Makrolon 6555) during a moulding process wherein the key element is moulded directly and

5 shortly after the frame. In this process, the injection of 120°C TPE TC5 MCA Kreiburg Shore 60 onto the solidified Polycarbonat Makrolon 6555 results and a partly re-melting of the edge of the frame and a mixture of the melt of the two materials solidifies an a transition zone with a superior tightness and bonding between the two components.

10 Fig. 2 shows the same cover and switch as shown in Fig. 1 but with indications on how decorations and similar light shielding application can be made. Lighting means 21, 22 has been arranged in a position below the cover. The lighting means projects light toward the underneath of the cover. The frame and the flexible layer are made from transparent materials allowing light from the lighting means to pass through. However, before the assembling operation

15 wherein the flexible layer, the frame and the key element is assembled into one unit, the lower surface of the flexible layer and/or the upper surface of the frame is decorated with a non-transparent colour, e.g. Pröll norphan colour and

20 optionally with a Pröll IMD lacquer or in general with any paint which effectively shields the light from radiating through the cover. The colour may simultaneously be used for decorating the cover and/or for forming signs, characters or similar instructive insignia for the user of the device for which the cover is intended. During the decoration process, the flexible layer has been

25 masked off along the chamfered edges 18, 20. Accordingly, light is allowed to pass through these edges. The key element 13 is made from a non-transparent material. However, since holes, slits or similar arrangements, 17, 19 have been provided, light is allowed to pass from underneath the cover towards the upper surface thereof, whereas, in the embodiment shown, lower exterior portions 11

30 and 12 are opaque. Likewise, upper exterior portions 15 and 16 as well as central portion 14 are opaque. The light is helpful in finding the switch activation area, in particular when the device to which the cover is attached, is

used in dark areas. As an alternative to the illustrated cover, the key element could be made of a transparent material allowing light to shine through all areas where no decoration has been painted onto the flexible layer. However, the disadvantage of this solution is, that the slightest perforation caused by

5 errors in the decoration process can result in light shining through the cover at unintended locations thereof. The light may be produced by LEDs or by regular Edison-type lamps.

Fig. 3 shows a perspective view of the cover and switch. This view shows an outer peripheral flange 27 formed by the frame 24. The flange may be used for connecting the cover to a casing for forming a housing for the switch 26 and for other electronic components. The key element 25 extends along the inner surface of the frame to form an inner liner for improving the tightness of the cover. The key element and a portion of the outer surface of the frame 24 are covered the flexible layer 23. In order to further improve the tightness of the housing formed by the cover and a casing (not shown), the key element 25 extends through openings in the flange and forms a seal 28 outside the flange. The seal is brought in contact with a corresponding flange of the casing during the assembling process and thus ensures improved tightness and resistance

10 toward water and dust. Chamfered edge portions 29, 30, 31 of the flexible layer 23 may be opaque or transparent in order to allow light possibly emitted by light emitting means arranged inside the housing to escape through the flexible layer.

15

20

25 The cover could be made as follows:

A sheet of a foil material, e.g. a transparent Bayer Bayfoil CR6-2 is decorated, e.g. by printing on an inner surface with a colour and with IMD lacquer. Subsequently, the sheet is embossed or stamped in a cold stamping or

30 pressing process. In this process, an embossed mark is formed on the outer surface of the sheet. The mark could e.g. be indicative for a user to easily find the switch activation area of the cover. Subsequently, the sheet is arranged in

a first cavity of a tool for an injection moulding machine. The tool is closed and a core is arranged onto the inner surface of the sheet at the switch activation area. The core prevents moulding of the frame onto this area of the inner surface of the sheet. In a first injection, a first material is injected to form a

5 frame directly onto the inner surface of the sheet. After curing, the sheet and frame is moved from the first cavity of the tool to a second cavity, e.g. of the same tool. In a second injection, a second material is injected to form a key element directly onto the inner surface of the sheet at the area where the core was placed during the first injection. Optionally the second injection moulds a

10 resilient mat which may cover the entire inner surface of the frame and which comprises the key element.

**CLAIMS**

1. A cover for a push button switch, said cover comprising:

- 5        – a flexible layer with an inner surface and an opposite outer surface, the outer surface forming an outer surface of the cover,
- a supporting frame having a recess allowing the flexible layer in a switch activation area to be deformed into the frame, the supporting frame being joined to the inner surface of the flexible layer, and
- 10      – a key element arranged at least partly in the recess for transferring, to an associated switch, a key switching force applied to the outer surface of the flexible layer in the switch activation area,  
*characterized in that* the key element is joined tightly to the inner surface of the flexible layer and to the supporting frame to form one single component.

15

2. A cover according to claim 1, wherein the key element is more resilient than the supporting frame.

20

3. A cover according to claim 1 or 2, wherein the flexible layer, the supporting frame and the key element are joined in a moulding process to form one single component.

25

4. A cover according to any of the preceding claims, wherein the key element is comprised in an inner resilient layer joined to an inner surface of the supporting frame.

5. A cover according to claim 4, wherein the resilient layer covers substantially the entire inner surface of the supporting frame.

30

6. A cover according to any of the preceding claims, wherein the flexible layer is formed from a foil material onto which the supporting frame and the key element is moulded.

7. A cover according to any of the preceding claims, wherein the supporting frame is made from an at least substantially transparent material.
- 5    8. A cover according to any of the preceding claims, wherein the flexible layer is made from an at least substantially transparent material.
9. A cover according to claim 9, wherein the flexible layer comprises a surface decoration on the inner surface thereof.
- 10    10. A cover according to claim 9, wherein the decoration is at least substantially non-transparent.
11. A cover according to claim 9 or 10, wherein the supporting frame and/or the key element are/is adhesively bonded to the surface decoration.
- 15    12. A cover according to claim 4, wherein the resilient layer is made from an at least substantially non-transparent material.
- 20    13. A cover according to claim 12, wherein the resilient layer is penetrated to allow light to pass through selected areas of the non-transparent material.
- 25    14. A cover according to any of the preceding claims, wherein the flexible layer comprises an embossed mark forming an elevation of a part of the outer surface.
- 30    15. A cover according to any of the preceding claims, wherein the supporting frame forms a peripheral rim portion forming a flange for attaching the cover to a corresponding push button switch casing.
16. A cover according to any of claims 4-15, wherein the resilient layer extends through openings in the flange and forms a seal along an outer edge thereof.

17. A cover according to any of the preceding claims, wherein the flexible layer and/or the frame, and/or the resilient layer comprises a conductive material so as to isolate electronic components shielded by the cover from electrical noise.

5

18. A housing for a push button switch, said housing comprising a cover according to any of the preceding claims, and a casing.

19. A housing according to claim 18, further comprising light emitting means  
10 arranged to illuminate an inner surface of the cover.

20. A method of making a cover for a push button switch, said method comprising the steps of:

15        – arranging a sheet of a foil material in a cavity of a tool of an injection moulding machine,  
          – in a first injection, injecting a first material for moulding a supporting frame onto a first side of the sheet, leaving a switch activation area of the sheet free,  
20        – in a second injection, injecting a second material moulding a key element onto the switch activation area of the sheet.

21. A method according to claim 20, wherein the key element is moulded in a material which, after curing, becomes relatively hard compared to the material  
25 of the supporting frame.

22. A method according to claim 20 or 21, wherein the second injection is performed within a period of 10-100 seconds after the first injection and wherein the second material is capable of adhering to the first material by the  
30 formation of a composition comprising a melt of the first and of the second material.

23. A method according to claim 22, wherein the first material is selected with a higher melting point than the second material.
24. A method according to any of claims 20-23, wherein an image is printed onto the first side of the sheet, the image being visible from an opposite second side of the sheet.

1/2

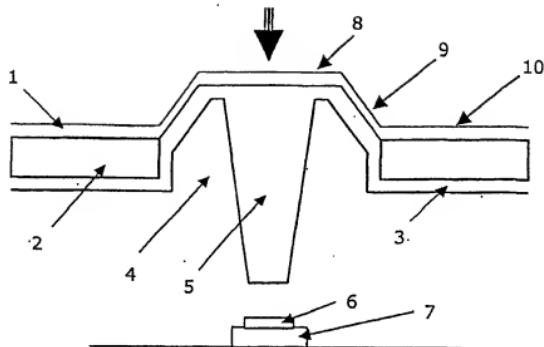


Fig. 1.

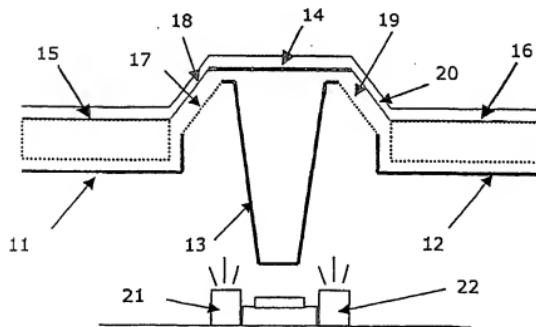


Fig. 2.

2/2

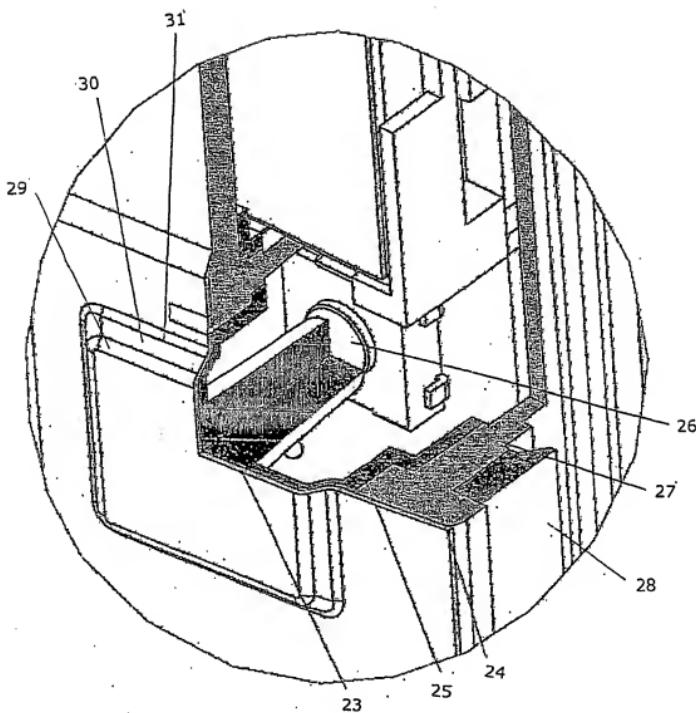


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DK2004/000229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01H13/70 H01H13/06 B29C45/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 07, 29 September 2000 (2000-09-29) & JP 2000 100277 A (JSR CORP), 7 April 2000 (2000-04-07)	1,3,6, 9-11,14, 18
Y		7,8,17, 19
A	abstract; figures	20
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 10, 31 October 1997 (1997-10-31) & JP 9 167539 A (YOSHIDA KOGYO KK &lt;YKK&gt;), 24 June 1997 (1997-06-24) abstract; figures	20,24
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*W\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

2 July 2004

Date of mailing of the International search report

13/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patenttaan 2  
NL-2233 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramirez Fueyo, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int' onal Application No  
PCT/DK2004/000229

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 568 367 A (PARK YOUNG M) 22 October 1996 (1996-10-22) column 4, paragraph 12 – line 3, paragraph 35; figures 5,6	7,8,19
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 14, 5 March 2001 (2001-03-05) & JP 2000 306453 A (SHIN ETSU POLYMER CO LTD), 2 November 2000 (2000-11-02) abstract	17
X	WO 00/13396 A (EBERLE ERWIN ; SIEMENS AG (DE)) 9 March 2000 (2000-03-09)	1,8
A	the whole document	20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

Int'l	ional Application No
PCT/DK2004/000229	

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 2000100277	A 07-04-2000	NONE		
JP 9167539	A 24-06-1997	NONE		
US 5568367	A 22-10-1996	NONE		
JP 2000306453	A 02-11-2000	NONE		
WO 0013396	A 09-03-2000	WO EP 0013396 A1 1110365 A1		09-03-2000 27-06-2001

## (12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
6 July 2006 (06.07.2006)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 2006/069568 A1

(51) International Patent Classification:  
*H02H 7/122 (2006.01) H02M 1/00 (2006.01)*  
*H02H 3/16 (2006.01) H02M 7/5387 (2006.01)*

(21) International Application Number:  
 PCT/DK2004/000920

(22) International Filing Date:  
 27 December 2004 (27.12.2004)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(71) Applicant (*for all designated States except US*): DANFOSS DRIVES A/S [DK/DK]; Ulvsnes 1, DK-6300 Græsten (DK).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (*for US only*): ANDERSEN, Henrik, Rosendal [DK/DK]; Hjortevæj 4, DK-6300 Græsten (DK).

(74) Agent: HERTLING, Peter; Inspicos A/S, Bøge Allé 5, P.O. Box 45, DK-2970 Hørsholm (DK).

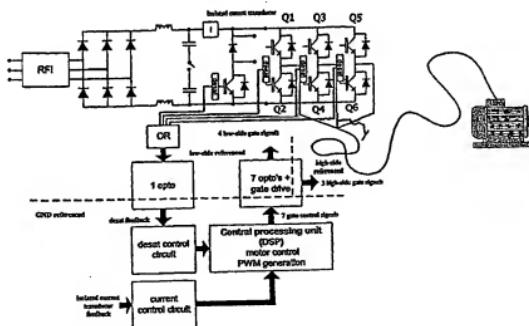
(81) Designated States (*unless otherwise indicated, for every kind of national protection available*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TI, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (*unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available*): ARIPO (BW, GH, GM, GI, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eursian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:  
 — with international search report

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: METHOD FOR DETECTING EARTH-FAULT CONDITIONS IN MOTOR A CONTROLLER



(57) Abstract: The present invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high-and-a low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the method comprising the steps of generating a fault signal, generating at least one test vector in response to the fault signal by switching at least one of the switching elements on, and measuring, while the at least one switching element is on, the magnitude of a current flowing in that DC-link operatively connected to the conducting switching element in order to detect an earth-fault. The present invention further relates to additional methods for on-the-fly determination of earth-faults.

WO 2006/069568 A1

**METHOD FOR DETECTING EARTH-FAULT CONDITIONS IN MOTOR A CONTROLLER**

The present invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link. The method according to the present invention is able to distinguish between differential-mode

5 over currents and common-mode over currents.

**BACKGROUND OF THE INVENTION**

Motor controllers for AC-motors etc. need to know whether an earth-fault (common-mode fault) exists during operation. This type of fault should be distinguished from differential-mode faults such as for example over currents caused by a blocked rotor of the motor.

10 Those skilled in the art will acknowledge the following priority of excessive current in a motor controller.

- a. Short-circuit currents in the range of the saturation level of the switching elements should cause a permanent shutdown to be initiated within microseconds regardless of whether the low-impedance problem is of a common- or differential-mode nature.
- 15 b. Over currents caused by common-mode faults with current-limiting impedance in the earth loop should be limited to an upper level for a given time period in the range of milliseconds before a permanent shutdown is initiated.
- c. Over currents caused by load-related differential-mode faults should be limited to an upper level for a given time period in the range of seconds before a permanent shutdown is initiated.

20

Motor controllers with a short-to-earth on an output phase are likely to be categorized as exhibiting an item b. problem, when the rectifier-side employs inductance for line-current harmonics limitation in accordance with IEC1000-3-2 or IEC1000-3-12. The difference between item b. and c. is that common-mode faults will stress the rectifier part with high-frequency currents, which differential-mode faults do not. The rectifier stress may lead to catastrophic failures if the duration exceeds the millisecond range.

25

The VLT5000 produced by Danfoss Drives A/S since 1995 employs 3 current transducers on the output phases. By summing the current transducer signals an earth-fault signal is generated. Hence, this principle is always able to differ between differential and common-mode faults. The drawback of this solution is cost-related.

The VLT2800 produced by Danfoss Drives A/S since 1998 employs a shunt in the lower DC-link bus to sense differential-mode currents, and a common-mode summing current transformer in the rectifier part to sense earth currents. Hence, this principle is able to differ between differential and common-mode faults. A similar approach is suggested in US

5 5,687,049 where the summing transformer is placed in the inverter stage of the motor controller. Though this solution exhibits lower costs than the VLT5000 solution, both solutions will result in a problematic PCB layout due to more current sensing elements in the DC-link.

US 5,687,049 proposes a solution with a high and low-side current sensing element in the inverter part of the DC-link bus. Summing the 2 sensing signals (where at least one needs to employ galvanic/functional isolation) gives an earth-current signal similar to the VLT5000 solution. Hence, this solution is able to differ between item b. and c. However, the practical PCB layout issue is a drawback.

The IAS'96 conference paper "Single Current Sensor Technique In the DC-link of Three-phase PWM-VS Inverters A Review and the Ultimate Solution" and US 5,687,049 report a solution 15 with a current transducer having both the positive and negative DC-link bus wired through the transducer with an unequal number of turns. This reduces the count of current sensing elements to unity and is reported as the "ultimate solution" for protecting a motor controller (will differ between item b. and c.). However, those skilled in the art will acknowledge that this kind of multiple turns in a current transducer may compromise an optimum coupling and 20 give excessive leakage inductance in the inverter side of the DC-link. Also, the PCB layout is problematic. Furthermore, design and automatic assembly become difficult with multiple turns having different voltage potentials in a modern small-sized current transducer.

Hence, the present invention is preferably used along with the following hardware combinations considered to be best-suited for a modern, low-cost and robust motor 25 controller.

1. Motor controller with an inverter stage employing a shunt in series with each of the low-side switching elements and desaturation protection of the high-side switching elements.
2. Motor controller with a shunt in the low-side DC-link bus and de-saturation protection of the high-side switching elements.
3. Motor controller with a current transducer in the low- or high-side DC-link bus and de- 30 saturation protection of the high- or low-side switching elements.

Items 1 and 2 assume that the control circuitry for the motor controller is referenced to the 35 low-side DC-link bus. Item 3 assumes that the control circuitry is galvanically isolated from

the power stage. The current sensing element(s) gives a feedback to the control circuitry in the motor controller. The de-saturation protection is used to protect the switching elements in the opposite side of where the current sensing element(s) is placed. The de-saturation protection may be with or without galvanically/functionally isolated feedback to the control circuitry as described in US 5,687,049.

5 De-saturation protection without feedback is patented in US 5,687,049 meaning that the switching elements with de-saturation protection operates on a self-protective, cycle-by-cycle basis until the central control circuitry shuts down the Inverter stage in response to a fault signal from the current sensing element. De-saturation protection with feedback is well known and offered by many gate drive vendors at least since the early 1990<sup>th</sup> – for example

10 the IXYS driver chipset IXPD4410 and IXPD4411.

The preferred hardware configurations will not be able to distinguish between a common-mode and differential-mode fault condition as the other solutions. Intelligent sampling of the DC-link current sensing element(s) is required. The above IAS'96 paper teaches that the

15 earth-fault current may be sampled during the zero-voltage vectors 000 or 111. However, the method suggested in IAS'96 does not offer the possibility that the phase connected to the earth-fault may be identified.

Hence, the information is available on a switching-period basis as long as a zero-voltage vector is available. EP 0 490 388 discloses a principle of receiving an over-current fault

20 signal, a first action is to generate a signal from the PWM sequence to determine whether the fault occurred during a zero-voltage vector or an active vector. This will differ between item b. and c. above. However, the patent does not consider the problem that the zero-voltage vector may not exist generally in all operating points.

An Industrial standard for PWM generation is the space-vector-modulation reported in the

25 PESC'90 conference paper "Stator Flux Oriented Asynchronous Vector Modulation for AC-Drives" (referred to as SFAVM below) along with all the variants of SFAVM generated by varying the zero-voltage-vector distribution. The goal of these PWM strategies is to obtain optimised motor performance in terms of torque and current ripple, losses, acoustic noise and voltage-transfer ratio from input to output. It is well known that SFAVM uses the zero-

30 voltage vectors in every switching period at low output voltages. However, at high output voltage the use of the zero-voltage vectors is minimized. In some switching cycles the zero-voltage vectors may not be used, especially in the over-modulation range. And in some cycles the zero-voltage vectors may be used for a short time only, meaning that a proper measurement of an earth current during a zero-voltage vector becomes practically

35 impossible. The problem becomes even worse as the switching frequency is increased.

## SUMMARY OF THE INVENTION

The scope of the present Invention is to generate the required zero-voltage vector on a regular basis ("on-the-fly") even though the normal optimised PWM pattern (SFAVM etc.) of the motor controller does not command this. The scope is to implement this while ensuring  
5 that there is a minimum impact on the normal high-quality PWM.

1. A first principle is to generate the required zero-voltage test vector for a sufficient time period to measure the earth current accurately, if not commanded by the normal PWM pattern, at a rate lower than the switching frequency. This reduces undesirable effects on the motor performance.  
10 2. The next principle is that any error made in each phase duty cycle in response to the additional zero-voltage vector is corrected later in time to compensate for unbalance in the multi-phase PWM system.  
3. Preferably items 1. and 2. are generated synchronously to the fundamental motor frequency, such that half-wave and quarter-wave symmetry is obtained relative to the phase duty-cycle curves over the fundamental period.  
15 4. Typically items 1., 2., and 3. are required at high output voltage. At low voltages a sufficient zero-voltage-vector time is always available in every switching cycle.  
5. To compensate for the fact that the zero-voltage vector and the earth-fault test are only executed at a fraction of the switching cycles, a backup principle is that the zero-voltage test vector is always generated just before re-enabling normal PWM after  
20 having received a fault signal commanding that the inverter switching elements should be turned off until the fault signal disappears. The fault signal may be caused by an over-current condition etc. Hence, in a disable/enable PWM sequence to provide a fault ride-through capability for the motor controller, the test vector is frequently used giving the desired differentiation between item b. and c. The philosophy is that during this kind of disable/enable ride-through sequence the normal PWM quality is ruined anyway. Therefore the test vector may be applied more frequently than in item  
25 1.  
30 6. The Invention is not limited to the industrial standard SFAVM. Any other PWM scheme relying on either a pre-calculated, optimized pattern as well as various current-controlled PWM schemes etc. are also considered in combination with the Invention.

In a first aspect, the present Invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side  
35

switching elements being operatively connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the method comprising the steps of

- generating a fault signal, said fault signal indicating abnormal working conditions for the motor controller,
- 5 - generating at least one test vector in response to the fault signal by switching at least one of the switching elements on, and
  - measuring, while the at least one switching element is on, the magnitude of a current flowing in that DC-link operatively connected to the conducting switching element(s) in order to detect an earth-fault.
- 10 By on-the-fly is meant that the steps of the method should be completed within a time interval similar to the electrical time constant of the AC-motor in order to be able to regain full stability/control of the AC-motor. At least, the steps of the method should be completed within a fraction of the period of the fundamental output voltage of the motor controller. The number of the switching elements in the motor controller may in principle be arbitrary – thus, .
- 15 the number of switching may be 2, 4, 6, 8, 10 or even higher.

The method may further comprise the step of switching all switching elements off prior to switching the at least one switching element on.

- In one embodiment of the present invention test vectors are applied by switching the
- 20 switching elements operatively connected to the high-side DC-link on in a sequential manner. In case of a motor controller having six switching elements test vectors may be applied by switching three switching elements operatively connected to the high-side DC-link on in a sequential manner.
- In another embodiment of the present invention test vectors are applied by switching the
- 25 switching elements operatively connected to the low-side DC-link on in a sequential manner. Again, in case of a motor controller having six switching elements test vectors may be applied by switching three switching elements operatively connected to the low-side DC-link on in a sequential manner.
- In yet another embodiment of the present invention a test vector is applied by switching the
- 30 switching elements operatively connected to the high-side DC-link on at essentially the same time. In case of six switching elements in the motor controller a test vector is applied by

switching three switching elements operatively connected to the high-side DC-link on at essentially the same time.

In yet another embodiment of the present Invention a test vector is applied by switching the switching elements operatively connected to the low-side DC-link on at essentially the same

5 time. In case of six switching elements in the motor controller a test vector is applied by switching three switching elements operatively connected to the low-side DC-link bus on at essentially the same time.

The same test vector may be applied a number of times. During the appliance of said test vector, the magnitude of the current flowing in the DC-link operatively connected to the

10 repeatedly conducting switching element(s) is measured a corresponding number of times. By applying the test vector in such a repeatedly manner, measurements may be confirmed before a decision of for example permanent shut-down is taken and implemented.

The generated fault signal may be provided by current sensing means measuring the current in one of the DC-link buses of the motor controller. The current sensing means may for

15 example provide information regarding the magnitude of the current flowing in that DC-link operatively connected to the conducting switching element(s).

All steps relating to turning the switching elements on and off, processing of the fault signal, and the measuring of the magnitude of the current in a DC-link of the motor controller may be controlled by a motor controller unit, such as a DSP.

20 The fault signal may be an indication for short circuit currents or over currents in one of the DC-link buses of the motor controller. The fault signal may also be an indication for an over voltage across at least one of the switching elements of the motor controller. Such over voltage may be detected by a desaturation protection circuit. Generally speaking, the fault signal may be an indication of basically any abnormal working condition for the motor controller, such as abnormal temperature, abnormal voltages, and abnormal currents.

25 The method according to the first aspect of the present Invention may further comprise the step of permanently shutting down the motor controller if an earth-fault is determined.

In a second aspect, the present Invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a

30 low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the motor controller further comprising a motor controller unit for controlling

when the switching elements are to be switched on and off by generating a PWM signal to each of the switching elements, the method comprising the steps of

- modifying the generated PWM signal by increasing the duty cycle of at least one of the PWM signals applied to the low-side switching elements, the increase of the duty cycle having a time period being a fraction of the switching period of the low-side switching elements,
- generating and hereby applying a 000 test vector, and
- measuring, while the low-side switching elements are on, the magnitude of a current flowing in the low-side DC-link in order to detect an earth-fault,

10 wherein the 000 test vector is generated and applied at a rate lower than the switching frequency of the low-side switching elements.

By the notation 000 test vector is meant that the three switching elements operatively connected to the low-side DC-link are switched on. The ratio between the rate at which the test vector is generated and applied, and the switching frequency of the low-side switching elements is typically in the range 0.05 – 0.5.

The method according to the second aspect of the present invention may further comprise the step of modifying the generated PWM signal by reducing the duty cycle of the PWM signal applied to the low-side switching elements so as to compensate for the previously increased duty cycle.

20 In a third aspect, the present invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the motor controller further comprising a motor controller unit for controlling when the switching elements are to be switched on and off by generating a PWM signal to each of the switching elements, the method comprising the steps of

- modifying the generated PWM signal by increasing the duty cycle of at least one of the PWM signals applied to the high-side switching elements, the increase of the duty cycle having a time period being a fraction of the switching period of the high-side switching elements,

30

- generating and hereby applying a 111 test vector, and
- measuring, while the high-side switching elements are on, the magnitude of a current flowing in the high-side DC-link in order to detect an earth-fault,

wherein the 111 test vector is generated and applied at a rate lower than the switching frequency of the high-side switching elements.

5 By the notation 111 test vector is meant that the three switching elements operatively connected to the high-side DC-link are switched on. The ratio between the rate at which the test vector is generated and applied, and the switching frequency of the low-side switching elements is again typically in the range 0.05 – 0.5.

10 The method according to the third aspect may further comprise the step of modifying the generated PWM signal by reducing the duty cycle of the PWM signal applied to the high-side switching elements so as to compensate for the previously increased duty cycle.

The method according to the second and third aspects of the present invention may be applied synchronously with a fundamental output voltage from the motor controller.

15 In a fourth aspect, the present invention relates to a method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller, the method comprising the step(s) of repeatedly applying the method according to the second and third aspect of the present invention.

In case an earth-fault is detected by applying the methods according to the second, third,  
20 and fourth aspect, the method according to the first aspect may be applied.

In a fifth and final aspect, the present invention relates to a motor controller comprising means for configuring the motor controller to perform any one of first, second, third and fourth aspects of the present invention.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

25 The present invention will now be explained in further details with reference to the accompanying figures, wherein

Figure 1 shows one of the possible hardware configurations suited for the invention,

Figure 2 shows the 8 voltage vectors in a 3-phase motor controller,

Figure 3 shows a PWM cycle of SFAVM at low and high output voltage with the zero- and active-voltage vectors shown,

Figure 4 shows a possible implementation of a phase duty cycle with item 3 applied - the curves should all be offset-adjusted by 1 and divided by 2 to describe the actual duty cycle,  
5 and

Figure 5 shows a disable/enable ride-through PWM sequence with item 5 applied while assuming the configuration in Figure 1.

While the Invention is susceptible to various modifications and alternative forms, specific  
10 embodiments have been shown by way of example in the drawings and will be described in detail herein. It should be understood, however, that the Invention is not intended to be limited to the particular forms disclosed. Rather, the Invention is to cover all modifications, equivalents, and alternatives falling within the spirit and scope of the Invention as defined by the appended claims.

## 15 DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Figure 1 shows a motor controller designed according to configuration three, i.e. having a current transducer in the high-side DC-link and a desaturation protection circuit placed in the gate driver of the low-side switches of the inverter. A brake circuit comprising two diodes and a switch with a desaturation protection circuit is via the desaturation protection connected to an OR gate (brake resistor not shown). The OR gate goes high, if one of the desaturation protection-circuits signals a saturation condition across a switch.  
20

In a conventional manner, the motor controller further comprises a three-phase rectifier and coils inserted in the high- and low-side DC-link buses. The coils act as chokes to reduce mains retroaction. An optional Radio-Frequency Interference (RFI) filter is placed on the input  
25 to the rectifier.

The control section of the motor controller comprises a digital signal processor (DSP), which performs the overall motor control and generates the PWM control signals, which are led to a galvanic isolation consisting of seven optocouplers, one optocoupler for each inverter switch and one for the brake switch. Correspondingly, the signals from the desaturation protection  
30 circuits are galvanically isolated by an optocoupler and fed to a desaturation control circuit,

which is connected to the DSP. A current-control circuit is connected to the current transducer and to the DSP. The control section is electrically referenced to ground. In operation, the inverter switches are pulse-width modulated, and electrically connected to a three phase AC motor.

- 5     If a short circuit between one of the three motor phases and earth incidentally arises (Figure 1 shows such a fault on the output between switch Q3 and Q4), an item b problem has emerged, i.e. an earth-fault with current-limiting impedance in the earth loop. The coils in the DC-link function as the current limiting impedance, until saturation occurs. Due to the reduced amperage of the current, the acceptable reaction time is in the millisecond range
- 10    and not in the microsecond range. This fault condition may be detrimental to the rectifier due to repetitive spikes on the pulsating DC voltage.

According to Figure 5 the short circuit to earth occurs during a voltage vector 110, i.e. high-side switches Q1 and Q3 on, and switch Q5 off. Correspondingly, Q2 and Q4 are off, and Q6 on. Figure 2 shows the conventional vector circle, which is also used in SFAVM. Vectors 000 or 111 result in a differential-mode no-current condition in the DC-link, i.e. the motor currents are flowing in the inverter bridge only. The current rise due to the earth connection is measured by the current transducer and detected by the current-control circuit, which signals to the DSP. The DSP acknowledges that the motor controller is in an error condition and will now do one of two, based on the amperage of the error current.

- 20    1. If the amplitude of the error current is relatively low normal operation is maintained, where normal operation includes the steps in Figure 4.
2. If the amplitude is high, the controller stops the pulse width modulation of the switches. In this case, operation ceases, and the motor is coasting for a short time.
- 25    This coasting time may be almost arbitrarily chosen, but a time period corresponding to 1 or more switching period(s) is a good practical choice.

Before resuming operation with PWM control signals on the inverter switches, the step of applying the fault detection vector is performed. The DSP imposes the 111 vector (because the current transducer is placed in the high side; vice versa if it was placed in the low side) and expects a zero-current signal from the current transducer. However, due to the earth-fault connection, a current will flow, and the DSP will stop operation of the motor, because the type of error was identified as an earth-fault.

Generally, the fault signal can be other signals than current signals; it can also be an over- or under-voltage of the DC-link (DC voltage sensor not shown in the Figure). If the fault signal came from the desaturation protection circuit of Q4 instead of coming from the current transducer, the desaturation control circuit would signal this to the DSP, which would act in  
5 the same way as just described.

Thus, the motor controller of Figure 1 is able to dispense operation upon either of two fault signals. If the low-side desaturation circuits are triggered, an earth-fault test may also be made by simply applying the opposite zero-voltage vector 000. This gives an earth-fault test independent on the current sensing.

10 In the following, the timing and the generation of the test vector will be described in detail. Figure 3a and b shows a conventional SFAVM switching period comprising four different switch states; two zero vectors (000, 111) and two active vectors (100,110). The vectors are symmetrically placed around the 180 degrees centre axis of the switching period. Figure 3a shows the situation where the output voltage of the motor controller is high. The U-phase is  
15 on for nearly the whole period, while the W-phase is on for only a short time. As a part of the conventional modulation scheme, zero vectors are applied in the middle (111) and at the start and end of the period (000). The same applies for the situation in Figure 3b, where the output voltage to the motor is lower.

In Figure 5, the high voltage SFAVM pattern on Figure 3a is repeated. During the fifth vector,  
20 110, the over-current signal described above (or any alternative violation) reaches the DSP, which stops operation. No switching occurs for a period a little longer than a switching period in order – maybe – to remove the cause of the fault, which could be moisture which evaporates during this pause. Also, cooling of the switch itself might relieve the problem. Shortly before commencing operation again, vector 111 is applied. This test zero vector is  
25 different from the zero vector applied in the start of the SFAVM scheme of Figure 3a because the test zero vector is followed by a current measurement in order to identify the type of fault. Also, the pulse length may be different. The duration of the applied test vector is larger than a minimum value to ensure that the earth-fault can be detected in any operating point of the motor; typically it has a duration equal to a fraction of the switching period. The  
30 duration may be from 5 to 50 µs, such as between 15 µs and 45 µs, such as between 20 µs and 40 µs, such as between 25 µs and 35 µs. After having applied the test vector, the current is measured, and, if an earth-fault is detected, the inverter operation is again paused before a new test is applied. Alternatively, the drive is tripped permanently. The number of iterations before the test result is accepted as an earth-fault, may be set as desired.

If an earth-fault is not detected, the normal operation can be continued providing the ride-through capability.

The test vector in Figure 5 is sketched as being positioned prior to the normal PWM.

Alternatively, the test vector may be placed in the first PWM period after the re-enabling also,

- 5 for example as a simple duty-cycle reduction similar to Figure 4. This is purely a matter of implementation easiness. The important issue is to measure the earth current before an active vector is applied giving differential-mode currents in the DC-link, which may coast the drive again before the earth-fault test can be made.

Figure 4 shows in a diagram form the duty-cycle curves for the high-side switches for each of

- 10 the three phases U, V and W. The y-axis goes from -1 to 1. The actual duty cycles, which in a known manner is calculated as  $t_{on}/(t_{on}+t_{off})$ , may be obtained by the curves in Figure 4 by adding 1 and dividing by 2. The x-axis is the time in seconds. The phase sequence in Figure 4 is phase U, V and W.

At a time of approximately 0.185s, the test vector is applied by modifying phase W, which

- 15 graphically is shown by a triangle in the bottom of the Figure. 120 degrees later, the next test vector is applied by modifying phase U, shown by the bullet in the bottom of the Figure. And again 120 degrees later a third test vector is applied by modifying phase V shown with the square. Applying the test vector introduces an error in the planned switching period. This problem is evident during high voltage demand, and typically results in a lowered output

- 20 voltage.

To make space for the test vector, the planned duty cycle must be modified, i.e. increased.

This is seen in Figure 4, where the duty cycle of phase W is increased during application of the test vector at approx. 0.185s. The duty cycle is increased from for example 0.06 to 0.12,

- 25 but to compensate for this, the duty cycle is reduced 180 degrees later (at approx. 0.195s) from 0.94 to 0.88. Thus, the test vector is applied at times where the duty cycle is low, and correction is made when the duty cycle is high.

Preferably, the earth-fault test vector for current sensing including the correction is made with quarter-wave and half-wave symmetry giving minimum distortion in the 3-phase PWM system.

- 30 The method of applying a test vector and introducing a correction of the duty cycle as shown in Figure 4 can be executed without using the method described in Figure 5. In fact, each of the methods of Figures 4 and 5 are independent, but can be combined giving the preferred protection quality. The method of Figure 4 is running always meaning that the earth-fault

current is measured continuously at a rate which is maximum in the millisecond range regardless of a fault condition or not. The duty-cycle modification is applied if necessary at the same rate to obtain the test vector.

The method of Figure 4 is necessary for earth-fault conditions where the amperage of the error current is relatively low, say 20-30% of the nominal value. This is the case, if the earth-fault connection has a high impedance of e.g. 100 Ohm between the motor phase and earth. Preferably, the rate of applying the test vector in Figure 4 is lower than the rate of the switching frequency, typically 1 to 10, i.e. 1.5 kHz in relation to a switching frequency of 15 kHz.

## CLAIMS

1. A method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively connected 5 to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the method comprising the steps of
  - generating a fault signal, said fault signal indicating abnormal working conditions for the motor controller,
  - generating at least one test vector in response to the fault signal by switching at least one of the switching elements on, and
- 10 - measuring, while the at least one switching element is on, the magnitude of a current flowing in that DC-link operatively connected to the conducting switching element(s) in order to detect an earth-fault.
2. A method according to claim 1, further comprising the step of switching off all switching elements prior to switching the at least one switching element on.
- 15 3. A method according to claim 1 or 2, wherein test vectors are applied by switching the switching elements operatively connected to the high-side DC-link on in a sequential manner.
4. A method according to claim 1 or 2, wherein test vectors are applied by switching three switching elements operatively connected to the high-side DC-link on in a sequential manner.
- 20 5. A method according to claim 1 or 2, wherein test vectors are applied by switching the switching elements operatively connected to the low-side DC-link on in a sequential manner.
6. A method according to claim 1 or 2, wherein test vectors are applied by switching three switching elements operatively connected to the low-side DC-link on in a sequential manner.
- 25 7. A method according to claim 1 or 2, wherein a test vector is applied by switching the switching elements operatively connected to the high-side DC-link on at essentially the same time.

8. A method according to claim 1 or 2, wherein a test vector is applied by switching three switching elements operatively connected to the high-side DC-link on at essentially the same time.
9. A method according to claim 1 or 2, wherein a test vector is applied by switching the 5 switching elements operatively connected to the low-side DC-link on at essentially the same time.
10. A method according to claim 1 or 2, wherein a test vector is applied by switching three switching elements operatively connected to the low-side DC-link on at essentially the same time.
- 10 11. A method according to any of the preceding claims, wherein the same test vector is applied a number of times, and wherein, during the appliance of said test vector, the magnitude of the current flowing in the DC-link operatively connected to the repeatedly conducting switching element(s) is measured a corresponding number of times.
12. A method according to any of the preceding claims, wherein the generated fault signal is 15 provided by current sensing means measuring the current in one of the DC-link buses of the motor controller.
13. A method according to claim 12, wherein the current sensing means provides the magnitude of the current flowing in that DC-link operatively connected to the conducting switching element(s).
- 20 14. A method according to any of the preceding claims, wherein all steps relating to turning the switching elements on and off, the processing of the fault signal, and the measuring of the magnitude of the current in a DC-link of the motor controller is controlled by a motor controller unit, such as a DSP.
15. A method according to any of the preceding claims, wherein generation of the fault signal 25 is an indication for short circuit currents or over currents in one of the DC-link buses of the motor controller.
16. A method according to any of claims 1-15, wherein generation of the fault signal is an indication for an over voltage across at least one of the switching elements of the motor controller.

17. A method according to claim 16, wherein a desaturation protection is provided for detecting the over voltage across one of the switching elements of the motor controller.
18. A method according to any of claims 1-14, wherein generation of the fault signal is an indication of a fault selected from the group consisting of: abnormal temperature, abnormal voltages, and abnormal currents.  
5
19. A method according to any of the preceding claims, further comprising the step of permanently shutting down the motor controller if an earth-fault is determined.
20. A method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link, and having high- and  
10 low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the motor controller further comprising a motor controller unit for controlling when the switching elements are to be switched on and off by generating a PWM signal to each of the switching elements, the method comprising the steps of  
15
  - modifying the generated PWM signal by increasing the duty cycle of at least one of the PWM signal applied to the low-side switching elements, the increase of the duty cycle having a time period being a fraction of the switching period of the low-side switching elements,
  - generating and hereby applying a 000 test vector, and
- 20
  - measuring, while the low-side switching elements are on, the magnitude of a current flowing in the low-side DC-link in order to detect an earth-fault,  
wherein the 000 test vector is generated and applied at a rate lower than the switching frequency of the low-side switching elements.
21. A method according to claim 20, further comprising the step of modifying the generated PWM signal by reducing the duty cycle of the PWM signal applied to the low-side switching elements so as to compensate for the previously increased duty cycle.  
25
22. A method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby protecting a motor controller having a high- and a low-side DC-link, and having high- and low-side switching elements, the high- and low-side switching elements being operatively

connected to the high- and low-side DC-link buses, respectively, the motor controller further comprising a motor controller unit for controlling when the switching elements are to be switched on and off by generating a PWM signal to each of the switching elements, the method comprising the steps of

5 - modifying the generated PWM signal by increasing the duty cycle of at least one of the PWM signals applied to the high-side switching elements, the increase of the duty cycle having a time period being a fraction of the switching period of the high-side switching elements,

- generating and hereby applying a 111 test vector, and

10 - measuring, while the high-side switching elements are on, the magnitude of a current flowing in the high-side DC-link in order to detect an earth-fault,

wherein the 111 test vector is generated and applied at a rate lower than the switching frequency of the high-side switching elements.

23. A method according to claim 22, further comprising the step of modifying the generated  
15 PWM signal by reducing the duty cycle of the PWM signal applied to the high-side switching elements so as to compensate for the previously increased duty cycle.

24. A method according to any of claims 20-23, wherein said method is applied synchronously with a fundamental output voltage from the motor controller.

25. A method for determining the existence of an earth-fault on-the-fly and thereby  
20 protecting a motor controller, the method comprising the step(s) of repeatedly applying the method according to any of claims 20-24.

26. A method according to any of claims 20-25, further comprising the step of performing the method according to any of claims 1-19.

27. A motor controller comprising means adapted to perform a method according to any of  
25 the preceding claims.

1/5

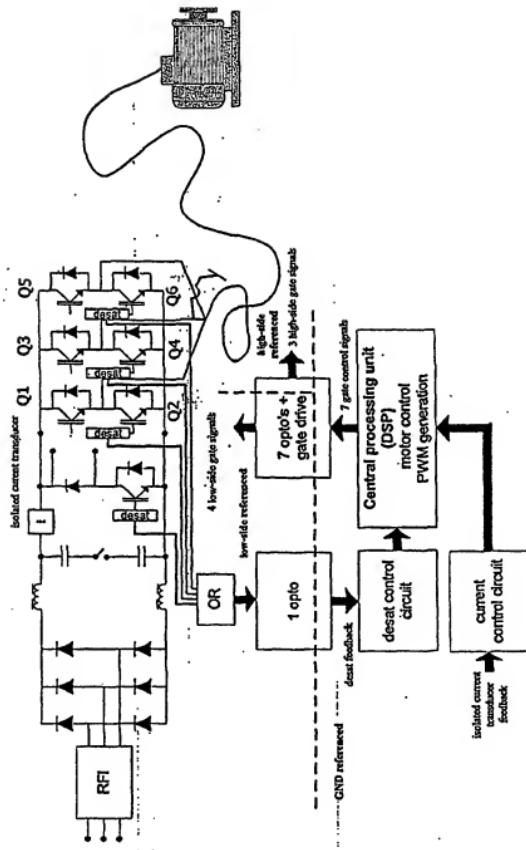


Fig. 1

2/5

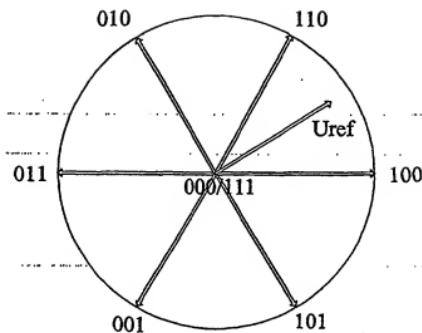


Fig. 2

3/5

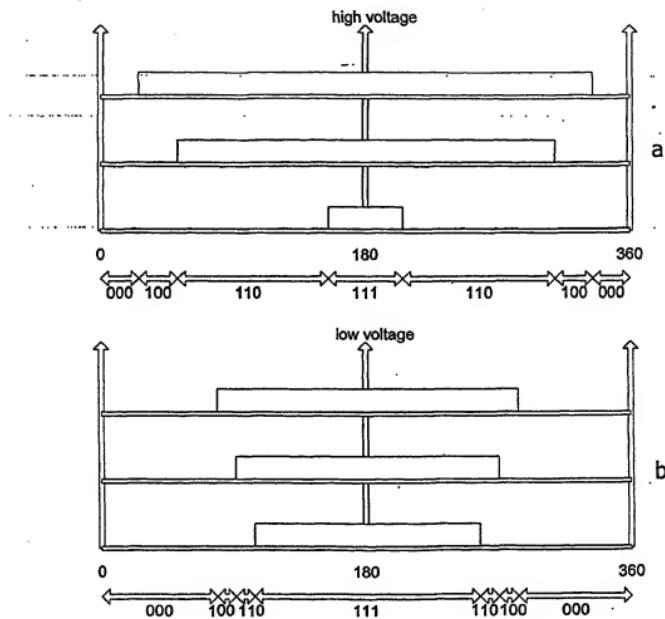


Fig. 3

4/5

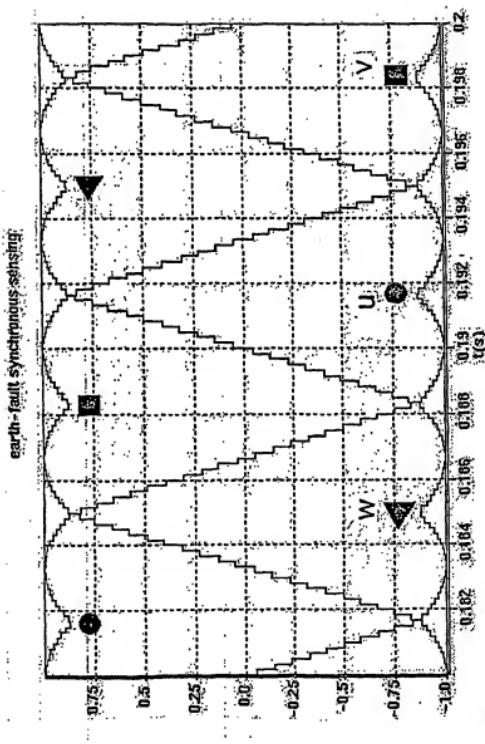


Fig. 4

5/5

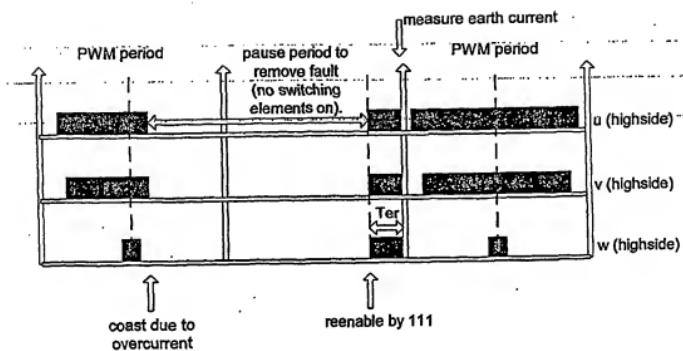


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DK2004/000920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02H7/122 H02H3/16 H02M1/00 H02M7/5387

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02H H02M GO1R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 07, 29 September 2000 (2000-09-29) & JP 2000 116144 A (YASKAWA ELECTRIC CORP), 21 April 2000 (2000-04-21) abstract	1-19, 27
A	US 5 687 049 A (MANGITANI ET AL) 11 November 1997 (1997-11-11) cited in the application column 6, line 54 - column 7, line 49; figure 6	15-17
E	US 2005/099743 A1 (LEE JEOUNG-PYO) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraph '0038! - paragraph '0042!; figures 5, 6	1-19 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

Date of mailing of the International search report

25 August 2005

06/09/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5816 Patenttaan 2  
NL-1222 ME The Hague  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 apo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Colombo, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DK2004/000920

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 381 110 B1 (NAGASHIMA JAMES ET AL) 30 April 2002 (2002-04-30) column 2, line 56 – column 3, line 65; figures 1,3	1,20,22
A	EP 0 490 388 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 17 June 1992 (1992-06-17) cited in the application column 5, line 23 – column 6, line 16; figure 1	1,20,22

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DK2004/000920

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 2000116144	A	21-04-2000	NONE		
US 5687049	A	11-11-1997	DE	19702134 A1	30-10-1997
			FR	2744295 A1	01-08-1997
			GB	2309597 A ,B	30-07-1997
			IT	M1970134 A1	24-07-1998
			JP	9233838 A	05-09-1997
			SG	66347 A1	20-07-1999
			TW	398105 B	11-07-2000
US 2005099743	A1	12-05-2005	CN	1617434 A	18-05-2005
US 6381110	B1	30-04-2002	NONE		
EP 0490388	A	17-06-1992	JP	4210779 A	31-07-1992
			DE	69123331 D1	09-01-1997
			DE	69123331 T2	07-05-1997
			EP	0490388 A2	17-06-1992
			HK	1007038 A1	26-03-1999
			KR	9603405 B1	09-03-1996
			US	5214575 A	25-05-1993